METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSINSTITUTET I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

62

HELSINKI 1968

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSINSTITUTET I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

62

HELSINKI 1968

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

62

62.1 Paavilainen, Eero. 1966. On the relationships between the root systems of white birch and Norway spruce and the ground water table. *Seloste:* Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mustikkakorvessa ..... 1—15

62.2 Hintikka, Veikko and Näykki, Ossi. 1967. Notes on the effects of the fungus *Hydnellum ferrugineum* (Fr.) Karst. on forest soil and vegetation. *Seloste:* Tutkimuksia ruosteorakkaan, *Hydnellum ferrugineum*, vaikutuksesta metsämaaperään ja -kasvillisuuteen ..... 1—23

62.3 Tiihonen, Paavo. 1967. Suomen pohjoispuoliskon metsien rakenne kehitysluokittain vuosina 1962—1963. Valtakunnan metsien IV inventoinnin tuloksia. *Summary:* The structure of the forests in the northern half of Finland by development classes in 1962—63. Results of the fourth national forest inventory ..... 1—34

62.4 Isomäki, Olavi. 1966. Tutkimus sahanhakkeen laatuun, saantoon ja kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä. *Summary:* On the factors influencing the quality, yield and manufacturing costs of sawmill chips ..... 1—55

62.5 Hakkila, Pentti. 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja painoprosentista. *Summary:* Variation patterns of bark weight and bark percentage by weight ..... 1—37

62.6 Nisula, Pentti. 1967. Rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän arviointi. *Summary:* The estimation of the relative volume of the stem portion beginning at the butt of standing timber ..... 1—16

62.7 Nisula, Pentti. 1967. Koivupaperipuun pinotiheydestä ja kuutiosuhteista. *Summary:* On the pile density and volume of birch pulpwood ..... 1—32

62.8 Runeberg, L. 1967. Plasten som konkurrens- och kombinationsmaterial inom skogsindustrin i Finland. *Summary:* Plastics as competitive and co-operative materials in the Finnish forest industry 1—137

ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE ROOT SYSTEMS OF WHITE BIRCH AND NORWAY SPRUCE AND THE GROUND WATER TABLE

EERO PAAVILAINEN

HIESKOIVUN JA KUUSEN JUURISTON SUHTEESTA POHJAVESIPINTAAN MUSTIKKAKORVESSA

SELOSTUS

HELSINKI 1966

Helsinki 1966. Valtioneuvoston kirjapaino

Preface

Under the supervision of Professor O l a v i H u i k a r i, Director of the Department of Swamp Forestry, Forest Research Institute, swamp ecological research has been done during several years in the experimental areas for hydrological investigations at Jaakkoinsuo, Vilppula. Within the scope of this activity my task has been to study tree root systems. The results of the investigations on the root systems of pine have already been published; thus, the present paper gives the results concerning white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) only.

I wish to express my sincere thanks to Prof. Huikari and Prof. S a k a r i S a a r n i j o k i for criticism of the manuscript as well as to Mr. K.—J. A h l s v e d, B. F. for translating the Finnish manuscript into English.

Parkano, September, 1966.

Eero Paavilainen

Contents

	Page
Introduction	5
Material	6
Results	8
Quantity of roots	8
Vertical distribution of roots	9
Density of short roots at different depths	11
Discussion	12
Literature	14
Suomenkielinen selostus	15

Introduction

Studies on the root systems of trees growing on swamps have shown that the roots of coniferous trees on pine swamps [1]) are extremely superficial. In pine, for instance, the bulk of the roots is usually encountered at depths between 0 and 10 cm. (e.g., Heikurainen 1955 b, Paavilainen 1966). On the other hand, the root systems of birch penetrate the soil somewhat deeper than those of conifers. So, according to Heikurainen (1958), the roots of white birch go on an average about one cm. deeper than those of pine and spruce in drained sedge pine swamps.

On the basis of results obtained from pine swamps, conclusions applicable to spruce swamps cannot be drawn without any further consideration because of the different hydrologic conditions prevailing in these divergent sites. In spruce swamps the mobility of water is usually greater than in pine swamps due to their greater inclination. In addition, the permeability to water of the peat of spruce swamps is greater than that of pine swamp peat. Due to these differences, drainage of equal effect influences spruce swamps and pine swamps in different ways. The mobility of water also has certain influence on, for instance, the oxygen content of the peat (Romell 1922, Malmström 1923, Troedsson 1955), due to which circumstance the qualifications for the existence of roots are different even in undrained spruce and pine swamps. For the purpose of drainage and silvicultural measurements in spruce swamp areas we, consequently, need information on the reactions of the roots of different tree species to the hydrologic conditions prevailing in these swamps and to drainage employed in sites of this kind. Previous investigations have not considered these questions at all. Laitakari's (1927, 1934) observations in connection with studies in mineral soils primarily concern the morphology of root systems, and the data published by Paarlahti and Vartiovaara (1958) on the quantities and vertical distribution of roots in natural *Myrtillus* spruce swamps and in drained peatlands of the same site have not been dealt with by tree species.

The object of the present investigation is to throw light upon the question how regulation of the ground water table at varying depths in peat soils affects the root systems of white birch and spruce in mixed stands formed

[1]) Pine swamps (Finnish *»räme»*) and spruce swamps (*»korpi»*) are Finnish swamp site type groups.

by these two species. Hereby, the relation of the root systems of tree stands on spruce swamps to soil hydrology and their reactions to changes in the water economy were studied. One aim was also to find out whether the root systems of the tree species under study are as superficial in spruce swamps as in pine swamps, and also, whether the difference observed between the vertical distribution of the roots of conifers and birch in pine swamps also shows in spruce swamps. In this study the changes which had taken place during the first five years after drainage were observed.

Material

The study was carried out at Jaakkoinsuo, Vilppula, in an area which has been reserved for swamp ecological experiments and established by the Department of Swamp Forestry of the Forest Research Institute in Finland. The site was *Myrtillus* spruce swamp with a slight shade of herb-rich spruce swamp. The peat layer measured 0.5—0.8 m. in depth. Table 1 presents data on the tree stands growing on the sample plots. All the birches in the area are white birches.

Table 1. Data on the growing stock on the sample plots in 1961. (H u i k a r i 1965, Table — *taulukko* 5).

Taulukko 1. Koealojen puustotiedot v. 1961.

Depth of the regulated water level in the ditches, cm *Ojien vedenpinnan säännöstelysyvyys, cm*	Birch — *Koivu*				Spruce — *Kuusi*			
	Volume incl. bark, cu. m/ha *Kuutiomäärä kuorineen m^3/ha*	Stem number per hectare *Runkoluku, kpl/ha*	Age, years *Ikä, vuotta*	Dominant height, m *Valtapituus, m*	Volume incl. bark, cu.m/ha *Kuutiomäärä kuorineen, m^3/ha*	Stem number per hectare *Runkoluku, kpl/ha*	Age, years *Ikä, vuotta*	Dominant height, m *Valtapituus, m*
10	57.1	400	67	18.2	71.1	567	86	18.9
30	41.8	267	68	18.3	91.8	633	85	19.0
50	73.7	533	67	18.4	71.5	433	88	19.7
70	45.6	233	73	18.3	134.6	733	91	20.3

The experiments were made in an area which has been drained in 1909 employing very broad strips between the ditches. The experimental area was established in the fall of 1961. Four sample plots were partitioned by ditches one metre in depth (Fig. 1). Regulation of the water economy was employed at the same time fixing the water level in the ditches at 10, 30, 50 and 70 cm. depths. The regulation was organized by means of weirs, and during dry spells water was lead to the ditches to keep the water level constant. In this way clear differences were achieved between the hydrologic

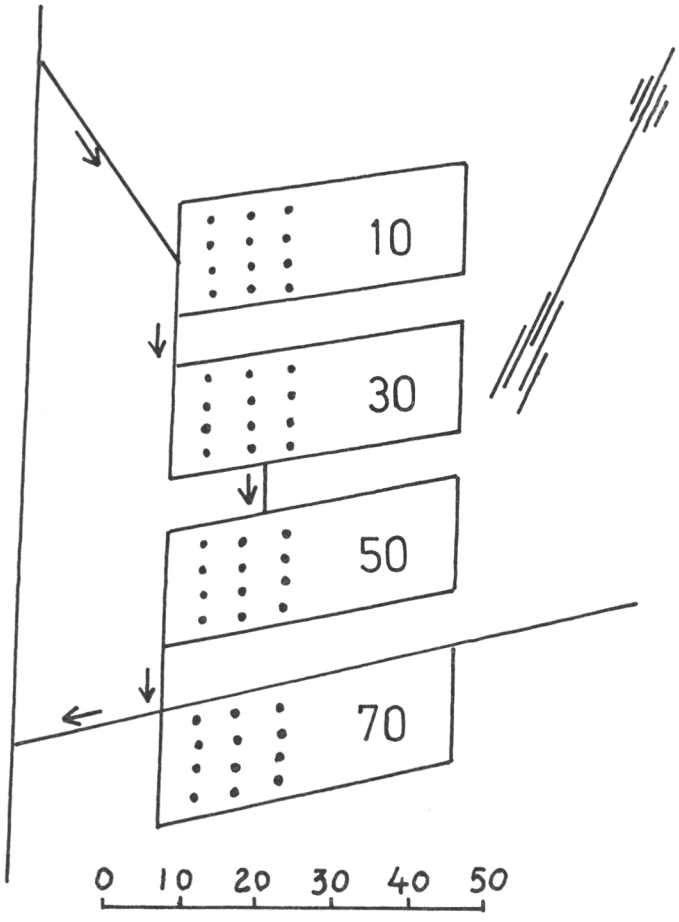


Figure 1. Points (dots) of root sampling. The numbers indicate the depth of the regulated water level in the ditches surrounding the sample plots.

Kuva 1. Juuristonäytteiden ottopaikat (pisteet). Numerot osoittavat vedenpinnan säännöstelysyvyyden näytealoja ympäröivissä ojissa.

conditions of the different sample plots. In 1964 the depth of the ground water level was on an average as follows (H u i k a r i 1965):

Regulated water level in ditches, cm	Depth of the ground water level, cm
10	10
30	29
50	53
70	64

Equal differences in the depth of the ground water level were also observed during the other years of study.

Root samples were taken two times, namely, on August 30, 1963 and on June 15, 1966. At both occasions, 12 samples were taken from every sample plot (see Fig. 1). The cross-section area of the samples measured 4 × 5 cm., and the length 50 cm. Beginning from the ground surface, the samples were cut into pieces 5 cm. in length. In the laboratorium the roots of spruce and birch were then separated from the sample pieces and measured. From the samples taken in 1966, the number of short roots was also counted from every fifth of the root parts under study. The method, which has been developed by Kalela (1949, 1954, 1955) and Heikurainen (1955 a, 1955 b), and its reliability has been dealt with closer in, for instance, Paavilainen's (1966) paper.

Results

Quantity of roots

The changes, which had taken place in the total quantity of roots as a result of water regulation, were not great enough to be readily shown in the material of the present investigation (Table 2). As the samples were taken at different times of the growing season in the two years of sampling, it is possible that the actual changes in the root systems partly have been covered by those taking place in the course of the growing season (cf. Kalela 1955, Heikurainen 1955 a). However, the data of Table 2 on the distribution of the total quantity of roots on birch and spruce indicate that the relative share of spruce roots has decreased in that sample plot, where the ground water level was 10 cm. below the ground surface. In the same sample plot, the quantity of roots per unit area was also smaller in 1966 than three years earlier, while, on the other hand, the other sample plots mostly gave results in the opposite direction. On the basis of this evidence, we can draw the conclusion that the ground water, when reaching close to the ground surface, has killed spruce roots. In birch no phenomenon of this kind could be observed.

In the results concerning the total quantity of roots of the tree stands, the numerical data are of the same magnitude as Heikurainen's (1958) corresponding figures for mixed stands of birch and spruce in drained sedge pine swamps. According to Table 2 (except for the sample plot already mentioned), the ratio of the root quantity of birch to that of spruce almost equals the corresponding proportion between the volumes of these tree species in the growing stock. Thus, there cannot be any great differences between the root quantities of birch and spruce when they are calculated per unit volume of the growing stock. This must be so, even if we take into consideration that the volume of birch in proportion to that of spruce has

Table 2. The quantities of roots in the sample plots and their distribution on tree species.

Taulukko 2. Koealojen juurimäärät ja niiden jakautuminen puulajeittain.

Ground water level in 1964, cm *Pohjaveden korkeus v. 1964, cm*	Birch — *Koivu*		Spruce — *Kuusi*	
	Roots, m/sq.m. — *Juuria, m/m²*			
	1963	1966	1963	1966
10	968	1 386	985	740
29	851	807	1 000	1 801
53	960	1 431	1 298	1 252
64	588	710	1 067	1 880

Distribution of roots on tree species, per cent
Juurten jakautuminen puulajeittain, %.

	1963	1966	1963	1966
10	50	65	50	35
29	46	31	54	69
53	43	53	57	47
64	36	27	64	73

Distribution of the volume of the growing stock on tree species, per cent
Puuston kuutiomäärän jakautuminen puulajeittain, %

	1961	1961
10	45	55
29	31	69
53	51	49
64	25	75

changed to some extent since 1961, the year of measurement. According to Heikurainen (op.c.), the root quantity of birch in drained sedge pine swamps is about 1.5-fold that of spruce when calculated per cubic volume of the growing stock.

Vertical distribution of roots

Table 3 shows the results of the vertical distribution of roots as percentages. The table also presents the mean penetration of roots (cf. Paavilainen 1966).

The data compiled in the table indicate that the regulation of the water economy has not considerably affected the vertical distribution of the roots of either tree species. Both the roots of birch and spruce have been able to exist below the ground water surface for almost five years. On the other hand, regulation of the ground water level at more than one half metre in depth has not caused any deepening of root systems.

Table 3. Vertical distribution of roots.
Taulukko 3. Juurten syvyysjakautuminen.

Depth layer, cm *Syvyyskerros, cm*	Ground water level in 1964, cm *Pohjaveden korkeus v. 1964, cm*							
	10		29		53		64	
	Roots, per cent of the total length of roots *Juuria, % juurten kokonaispituudesta*							
	Birch — *Koivu*							
	1963	1966	1963	1966	1963	1966	1963	1966
0—5	35	50	38	32	35	38	23	35
5—10	20	18	33	25	26	20	30	25
10—15	18	11	9	20	17	9	21	18
15—20	7	6	4	8	7	8	10	6
20—25	8	3	11	4	6	8	5	6
25—30	5	3	3	2	4	5	3	5
30—35	5	2	1	2	4	6	6	3
35—40	2	2	1	1	1	5	1	1
40—45	△	3	△	4	△	1	△	1
45—50	△	3	△	2	△	△	△	△
	Spruce — *Kuusi*							
	1963	1966	1963	1966	1963	1966	1963	1966
0—5	31	48	48	48	27	32	42	41
5—10	17	12	18	20	21	28	29	18
10—15	15	6	10	8	16	11	13	10
15—20	16	10	11	5	16	10	4	6
20—25	7	6	5	4	7	6	4	10
25—30	10	6	5	3	8	6	1	7
30—35	4	3	1	5	3	3	7	5
35—40	1	7	1	3	1	2	△	2
40—45	△	2	△	2	△	1	△	1
45—50	△	—	△	1	△	△	—	△
	Mean root penetration in 1966, cm *Juuriston keskimääräinen syvyysulottuvuus v. 1966, cm*							
	Birch — *Koivu*							
	41.3		35.8		39.2		32.5	
	Spruce — *Kuusi*							
	39.2		40.0		40.0		40.4	

The results further indicate that in the tree stands of study, the roots have reached a depth of one half metre. Thus the root penetration was clearly greater than in sedge pine swamps (H e i k u r a i n e n 1958). The table below shows the mean depths of roots weighed by their length according to the present study and H e i k u r a i n e n's (op.c.) study.

	Myrtillus spruce swamp *Mustikkakorpi*	Sedge pine swamp *Sararäme*
	Mean depth, cm *Keskisyvyys, cm*	
Birch — *Koivu*	9.2—12.3	5.0
Spruce — *Kuusi*	9.1—12.7	3.9

Any difference in the vertical distribution of the roots of the kind observed in sedge pine swamps between birch and spruce could not be observed in the present study.

Density of short roots at different depths

The counting of short roots only covered about 16 per cent of all long roots measured. As in addition, the dispersion of the results of calculation was rather large, the values for the density of short roots shown in Table 4 should be considered orientative only.

We can see from the table that regulation of the ground water level has caused no clear differences in the short root density at varying depths, neither in birch nor spruce. In general, however, some difference can be observed in the short root density between these tree species. In birch, the number of short roots per unit length of long roots is higher than in spruce. The density of short roots of birch also decreases slower by increasing depth

Table 4. Density of short roots in different depth layers in 1966.
Taulukko 4. Lyhytjuurten tiheys eri syvyyksissä v. 1966.

Depth layer, cm *Syvyyskerros, cm*	Ground water level in 1964, cm *Pohjaveden korkeus v. 1964, cm*			
	10	29	53	64
	Number of short roots per dm of long roots *Lyhytjuuria, kpl/juuri-dm*			
	Birch — *Koivu*			
0—5	49.3	46.0	50.5	56.5
5—10	60.1	51.7	47.9	56.0
10—15	45.4	53.3	49.8	40.2
15—20	54.3	51.4	46.8	38.4
20—25	44.7	49.0	38.2	57.6
25—30	43.2	37.1	38.0	44.6
	Spruce — *Kuusi*			
0—5	48.6	45.0	41.7	44.5
5—10	42.1	42.3	42.9	43.4
10—15	37.9	40.4	39.8	35.3
15—20	32.0	26.9	36.8	39.6
20—25	27.3	27.1	24.8	38.1
25—30	25.2	26.3	26.0	30.0

than that of spruce. These results agree with Heikurainen's (1958) findings in drained sedge pine swamps, according to which the density of mycorrhizae in birch increases to some extent below the surface peat, while, on the other hand, that of spruce decreases.

Discussion

In the study area, no clear differences in the structure of the root systems of white birch and spruce were observed, except for the circumstance than the density of short roots was greater in birch, especially below the topmost peat layer. According to this evidence, the spruce has a considerably greater ability of competition in *Myrtillus* spruce swamps than in sedge pine swamps, for the part of its root system. In the latter site, the quantity of spruce roots per unit volume of the growing stock is considerably smaller and the root systems more superficial than in birch. This circumstance, for its part, can cause the different development of the tree species composition on the sites in question. As generally known, the growing stock on ordinary spruce swamps in southern Finland is usually sprucedominated, while, on the other hand, the sedge pine swamps, in spite of equal nutritive conditions, grow spruce to a smaller extent only. Perhaps the spruce, when growing on sedge pine swamps, is weaker than birch and pine with respect to root competition between trees and of equal strength in comparison with other tree species on spruce swamps only.

The hydrologic conditions of the soil obviously are of great importance for a good development of the root systems of spruce in *Myrtillus* spruce swamps. As the water in sites of this kind moves and, consequently, is rich in nutrients and oxygen, it offers the roots of spruce good possibilities for existence. Anaerobic conditions are specially unfavourable for the roots of this tree species (Huikari, 1954, 1959, Orlov, 1960). The results of the present study support this conception, because they indicate that the roots of spruce have been able to exist below the ground water table for more than five years. However, there is a possibility thet the ground water, when it reaches very close to the ground surface, can make the oxygen economy of the site poorer to such an extent that the total quantity of spruce roots has decreased. The fact that no corresponding phenomenon could be observed in white birch can be due to take greater ability of this tree species to stand anaerobic conditions (Huikari op.c., Orlov op.c.). The circumstance that the density of short roots in deeper peat layers was greater in birch than in spruce probably has the same reason.

According to the results, the roots of both white birch and spruce react rather slowly to drainage. Regulation of the ground water level at more

than one half metre in depth has not caused any noteworthy changes in the root relationships of the tree species in question during a period of five years. A result of a similar kind was also obtained by the corresponding study on pine (P a a v i l a i n e n 1966). Thus, the changes due to drainage in the structure of the root systems of the tree species most commonly occurring on the swamps in Finland seem to involve changes also in other growth factors than soil water economy.

Literature

Heikurainen, L. 1955 a. Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände auf Moorböden im Laufe des Jahres (Selostus: Rämemännikön juuriston vuodenajoittaisista muutoksista). Acta Forest. Fenn. 65.

—»— 1955 b. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen (Referat: Der Wurzelaufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung). Ibid. 65.

—»— 1958. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla (Referat: Der Wurzelaufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden). Ibid. 67.

Huikari, O. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings (Selostus: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin). Comm. Inst. Forest. Fenn. 42.

—»— 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings (Selostus: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin). Ibid. 50.

—»— 1965. Importance of soil temperature, height of water table and microclimate as growth factors of pine, spruce and birch. Moniste.

Kalela, E. K. 1949. Männiköiden ja kuusikoiden juurisuhteista. I. (Summary: On the horizontal roots in pine and spruce stand. I.) Acta Forest. Fenn. 57.

—»— 1954. Mäntysiemenpuiden ja -puustojen juurisuhteista. (Referat: Über die Wurzelverhältnisse der Kiefernsamenbäume und -baumbestände). Ibid. 61.

—»— 1955. Über die Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode (Selostus: Männikön juurisuhteiden kasvukautisesta vaihtelusta). Ibid. 65.

Laitakari, E. 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. (Summary: The root system of pine *(Pinus silvestris)*. A morphological investigation). Ibid. 33.

—»— 1934. Koivun juuristo. (Summary: The root system of birch *(Betula verrucosa* and *odorata))*. Ibid. 41.

Malmström, C. 1923. Degerö stormyr. En botanisk, hydrologisk och utvecklingshistorisk undersökning över ett nordsvenskt myrkomplex (Resumé: Degerö stormyr. Eine botanische, hydrologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchung eines nordschwedischen Moorkomplexes). Medd.fr. Stat. Skogsförsöksanst. 20.

Orlov, A. J. 1960. Vlijanie postvennich faktorov na osnovnyje osobennosti nekotorich tipov ljesa jusnoi taiga (Summary: The influence of soil factors upon the basis pecularity of some types of woods in the south taiga area). Bjull. Moskovskogo Obz. Isp. Prirody 65 (3).

Paarlahti, K. ja Vartiovaara, U. 1958. Havaintoja luonnontilaisten ja metsäojitettujen soiden pieneliöstöistä. (Summary: Observations concerning the microbial populations in virgin and drained bogs). Comm. Inst. Forest. Fenn. 50.

Paavilainen, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin (Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils). Ibid. 61.

Romell, L—G. 1922. Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. (Referat: Die Bodenventilation als ökologischer Faktor). Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 19.

Troedsson, T. 1955. Vattnet i skogsmarken. Studier med hänsyn särskilt till ytvattnets, sjunkvattnets och grundvattnets uppkomst och sammansättning (Referat: Das Wasser des Waldbodens. Studien mit besonderer Berücksichtigung der Entstehung und chemischen Eigenschaften des Oberflächenwassers, des Sickerwassers und des Grundwassers). Kungl. Skogshögskolans Skrifter 20.

Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mustikkakorvessa

Selostus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten pohjavesipinnan säännöstely eri etäisyyksille maanpinnasta vaikuttaa hieskoivun ja kuusen juuristoon näiden puulajien muodostamassa sekametsikössä. Tutkimus on suoritettu metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston perustamalla suoekologisella koekentällä Vilppulan Jaakkoinsuolla (kuva 1). Koekentällä on neljä koealaa, joita ympäröivien ojien vedenpinta on säännöstelty vuoden 1961 syksyllä 10, 30, 50 ja 70 cm:n syvyyksille. Koealojen puuston laatu selviää taulukosta 1. Juuristonäytteet on otettu 30. 8. 1963 sekä 15. 6. 1966.

Juurten määrästä saatujen tulosten mukaan (taulukko 2) 10 cm:n syvyydessä ollut pohjavesi on saattanut aiheuttaa kuusen juuriston kuolemista. Hieskoivulla ei vastaavaa ilmiötä ole havaittavissa. Puuston maanpäällisten osien yksikköä kohden lasketuissa juurimäärissä ei ollut selviä eroja koivun ja kuusen välillä.

Taulukon 3 luvuista ilmenee, että hieskoivun ja kuusen juuret ovat tulleet toimeen pohjavesipinnan alapuolella lähes viiden vuoden ajan. Toisaalta pohjavesipinnan alentaminen yli puolen metrin syvyyteen maanpinnasta ei ole aiheuttanut juuristojen syvenemistä. Edelleen todetaan, että kummankin puulajin juuristot ovat ulottuneet tutkimusmetsikössä puolen metrin syvyyteen asti.

Pohjavesipintojen säännöstely ei ole aiheuttanut selviä eroja lyhytjuurten tiheyteen eri syvyyksissä (taulukko 4). Lyhytjuurten tiheydessä yleensä havaitaan kuitenkin ero näiden puulajien välillä. Koivulla on runsaammin lyhytjuuria pitkäjuurten pituusyksikköä kohden ja koivun lyhytjuurten tiheys pienenee pintaturvetta syvemmälle mentäessä vähemmän kuin kuusen.

Saatujen tulosten mukaan kuusi on juuristonsa puolesta mustikkakorvessa huomattavasti kilpailukykyisempi kuin sararämeellä, jossa kuusen juurten määrä on puuston maanpäällisten osien yksikköä kohden tuntuvasti pienempi ja juuristo pinnallisempi kuin hieskoivun (Heikurainen 1958). Tämä saattaa osaltaan vaikuttaa puulajisuhteiden kehitykseen mainituilla kasvupaikoilla. Mahdollisesti kuusi on sararämeillä koivua ja mäntyä selvästi heikompi puiden välisessä juuristokilpailussa ja vain korpimailla muiden puulajien kanssa tasaveroinen.

Maan vesitaloudella on ilmeisesti tärkeä merkitys kuusen juuriston hyvään kehitykseen mustikkakorvessa. Vesi on tällä kasvupaikalla liikkuvana happi- ja ravinnepitoista ja tarjoaa siten toimeentulon edellytykset kuusen juuristolle, jolle anaerobinen kasvuympäristö on erityisen haitallinen (Huikari 1954, 1959, Orlov 1960). Kuitenkin hyvin lähellä maanpintaa oleva pohjavesi on saattanut heikentää kasvupaikan happitaloutta siinä määrin, että kuusen kokonaisjuurimäärä on pienentynyt.

NOTES ON THE EFFECTS OF THE FUNGUS *HYDNELLUM FERRUGINEUM* (FR.) KARST. ON FOREST SOIL AND VEGETATION

VEIKKO HINTIKKA and OSSI NÄYKKI

SELOSTE

TUTKIMUKSIA RUOSTEORAKKAAN, *HYDNELLUM FERRUGINEUM*, VAIKUTUKSESTA METSÄMAAPERÄÄN JA -KASVILLISUUTEEN

HELSINKI 1967

Contents

Introduction 3
Occurrence in Finland 3
Effects on vegetation 5
Effects on the humus layer 7
Effects on mineral soil 11
The effect of *Hydnellum* on stones 15
Discussion 17
Summary 20
Acknowledgements 20
Literature 21
Selostе 23

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

Introduction

The conspicuous effects of the fungus *Hydnellum ferrugineum* (Fr.) Karst., (*Hydnum f., Calodon ferrugineum*) on forest soil and vegetation are well-known to Finnish mycologists (K u j a l a 1926), although detailed investigations have so far been lacking. The influence of this fungus on the vegetation is as visible as that of »fairy ring fungi», but present field observations have indicated that it differs in regard to its ecology from the last-named and from mycorrhizal species. Since the fungi are regarded as central agencies in the formation of the raw humus layer, it was hoped that a study of the effects of this fungus would provide information on the development of the podzol profile in coniferous forests.

Occurrence in Finland

The basidiocarps of *Hydnellum ferrugineum* are recognizable by the pale brownish mycelial felt on the pileus of the young specimens, by the red drops obtained by squeezing and by the thick mycelium at the base of fruit bodies. The species is known from western Europe, where it is not uncommon (B o u r d o t & G a l z i n 1927, M a a s G e e s t e r a n u s 1957), to western Siberia (N i k o l a j e v a 1961). In Finland it is found in numerous places in the southern and central parts of the country (Fig. 1), the most northern locality being Pyhätunturi (Pelkosenniemi, 67°N). It is found in dry pine forests on sand or till and where these biotopes are abundant, the species is certain to be found.

The mycelium of *Hydnellum* forms a visible, though, white, felt-like layer or mat, 1—5 cm thick, in the humus and fermentation layers and often extends into the uppermost mineral soil. It can be removed as one piece, which may be several square meters in area. In medium-dry pine forests such mats sometimes cover as much as 2—4 % of the area. An example is depicted in fig. 2.

The mycelial mats are as a rule small, being about half a meter or less in diameter in young pine stands, but the older the dominant trees are, the more extensive the mats are, too. The largest mycelia were found in stands over 150 years old (fig. 3.). The mycelium grows outwards annually and

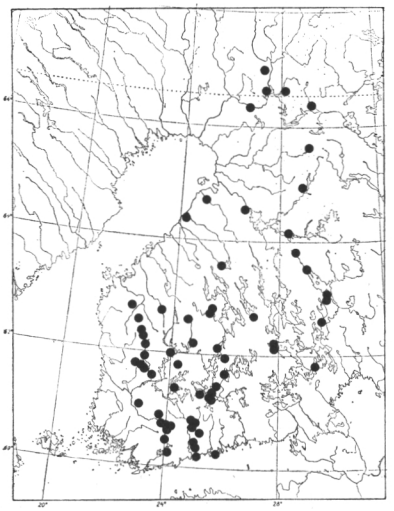


Fig. 1. The distribution of *Hydnellum ferrugineum* in Finland.

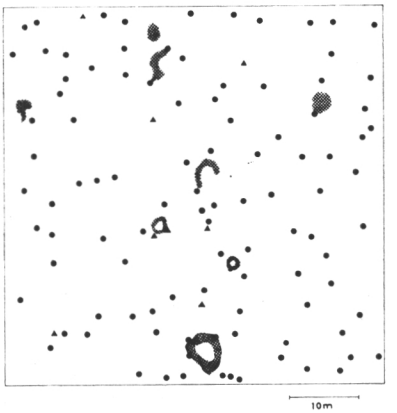


Fig. 2. Occurrence of mycelia of *Hydnellum ferrugineum* (shaded) in an old pine stand in Porvoo, Vessölandet. ● = pine, ▲ = spruce.

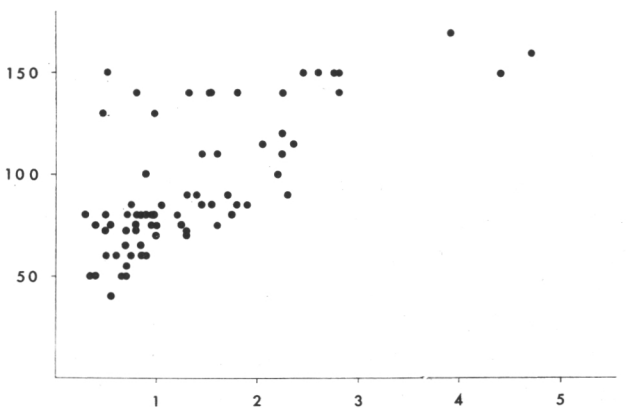


Fig. 3. The diameter (m) of the mycelia of *Hydnellum* (horizontal axis) in relation to the age of surrounding trees.

eventually dies at the centre. From fig. 3 the annual increment can be estimated to be about 2—3 cm. Professor V. K u j a l a (personal communication) made observations on the growth rate of *Hydnellum* in Punkaharju in the 1930's and found approximately the same growth rate of the mycelium. The growth of *Hydnellum* seems to be slower than that of »fairy ring fungi», which according to M ü n c h (1914), annually may grow radially 80—90 cm. It should be noted that in spite of much diligent searching, neither mycelia nor basidiocarps have been found in young plantations or clear-cut areas, although in surrounding older stands the species occurs abundantly.

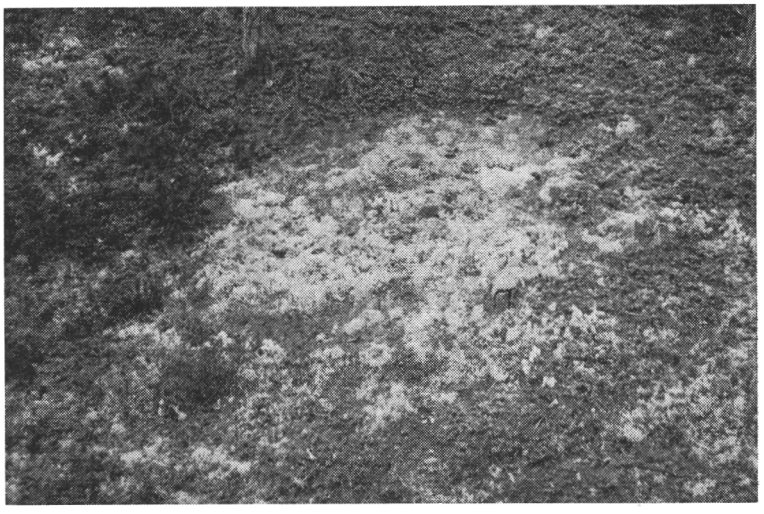


Fig. 4. The site of a mycelium of *Hydnellum ferrugineum*, which is characterized by the lack of dwarf shrubs (*Calluna*, *Vaccinium vitis-idaea*), by the indistinct moss border on the living mycelium and by the dead centre with *Cladonia* spp. Porvoo, Vessölandet, 24. 4. 63.



Fig. 5. An occurrence of *Cladonia* spp., which coincides with the mycelium of *Hydnellum ferrugineum* in the humus. Porvoo, Vessölandet, 24. 4. 63.

Effects on vegetation

As a rule the site of a mycelium of *Hydnellum* can be recognized from a distance by the changes in the vegetation (fig. 4 and 5). Small mats are characterized by the vigorous and continuous development of the moss cover

Table 1. Analyses of vegetation on the *Hydnellum* mycelium compared with surrounding vegetation, based on coverage (%) on 1 m² sample plots. H: *Hydnellum* mycelium, S: surrounding vegetation, M: margin and C: centre of an old *Hydnellum* mycelium.

	Young carpets								Old carpets															
	1		2		3		4		5			6		7		8		9		10		11	
	H	S	H	S	H	S	H	S	C	M	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S
Vaccinium vitis-idaea ..	2	40	1	50	2	40	5	40	3	1	60	5	60	5	70	1	30	1	25	2	40	5	30
V. myrtillus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	1	—	10	—	—
Calluna vulgaris	5	20	3	20	2	40	2	20	—	—	10	—	3	—	5	—	—	+	5	—	—	5	20
Empetrum nigrum coll.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	30
Arctostaphylos uva-ursi .	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	10	+	—	—	1	10	—	—	—	—	—	—
Pyrola chlorantha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Chamaenerion angustif. .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Dicranum undulatum ..	30	10	70	20	80	30	1	10	+	+	2	3	10	1	10	5	5	+	20	2	—	10	10
Pleurozium Schreberi ..	70	70	10	20	10	40	2	80	5	90	90	10	80	5	50	—	—	—	40	10	90	10	60
Hylocomium splendens .	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cladonia rangiferina ...	—	—	+	—	3	—	40	5	60	—	2	40	2	20	5	50	10	50	25	50	+	20	+
C. silvatica	—	—	—	—	—	—	40	+	20	5	5	40	5	20	1	25	5	10	5	30	3	20	2
C. alpestris	—	—	—	—	—	—	5	3	10	—	—	5	1	50	5	20	+	10	—	—	—	40	5
C. uncialis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
C. sp. (cornuta)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Cetraria islandica	—	—	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+

1— 3: Tuusula, Hyrylä
4— 9: Porvoo, Vessölandet, 120—150 years old stand
10: Juuka, Koli
11: Sotkamo, Vuokatti

and the lack of dwarf shrubs (*Calluna, Vaccinium vitis-idaea*) on the mycelium, although in the surrounding vegetation the dwarf shrubs are dominant. In older mats, where decomposition of the mycelium has set in, reindeer lichens (*Cladonia*) begin to invade at the centre and may be very conspicuous. Among the lichens there often also appear xerophilic species, e.g. *Arctostaphylos uva ursi*, which are lacking in surrounding vegetation (see table 1).

Effects on the humus layer

Even superficial field observations indicate that the soil under the *Hydnellum* mat is considerably drier than that under the regular raw humus layer. In the summer 1963 at Ruotsinkylä in Tuusula parish (20 km N of Helsinki), on the southern slope of a hill, Mätäkivenmäki, the effects of the mycelium on the water content of the soil were followed. The place was in an old pine forest on sandy soil. Samples were taken at intervals of about one week from the same mat with a humus borer extending to a depth of 10 cm from the surface of the mineral soil, and in addition, from the surrounding (distance ½—1 m) typical raw humus. The moisture content is based on oven dry (100°C) weight. The results in fig. 6 indicate that summer rains cause considerable variation in the moisture content of the humus layer, the changes in the mineral soil being considerably less pronounced and visible only after rain periods. But under the *Hydnellum* mat practically no changes in moisture were found except after the snow-melt in the spring. Occasionally on the mat under the moss layer a small pool of water is to be found, which has not been able to penetrate through the mycelium. As an example it may be mentioned that at Hyrylä in Tuusula parish determinations of the moisture content of the sand under the mat and of the immediately surrounding sand were made after heavy rains on September 14, 1962 (during the two preceding days about 65 mm) and the moisture content under the *Hydnellum* mat was found to be 5.8 % (variation of 10 samples 4.6—7.9 %) and under the immediately surrounding normal raw humus layer 14.1 % (12.8—15.7 %). In the field it was several times observed that, in spite of the fact that the surrounding sand was wet, the mycelial sand was dusty and evidently not touched by rain water. It seems that the mycelium of *Hydnellum* effectively prevents the downward movement of rain water.

The impenetrability of the mycelium of *Hydnellum* is evidently related to its very tough and compact nature (fig. 7). In microscopic sections the hyphae may be seen to bind pieces of litter and humus together, a considerable part of the mass consisting of fungal hyphae. When moistened, the mycelium sucks in water very slowly compared with the normal raw humus.

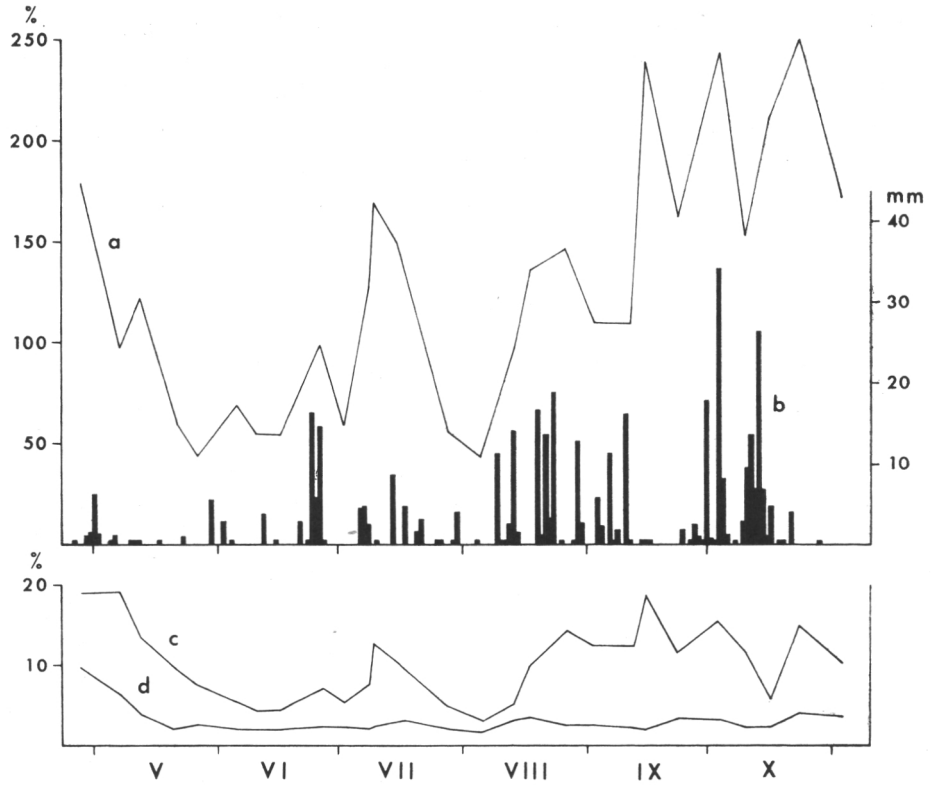


Fig. 6. The effect of the mycelium of *Hydnellum ferrugineum* on soil moisture in the summer of 1964 at Mätäkivenmäki hill, Tuusula parish. a: moisture content of humus, b: daily amounts of rainfall at Helsinki airport (distance 4.5 km from Mätäkivenmäki), c: moisture content of surface mineral soil under ordinary raw humus layer and d: under *Hydnellum* mycelium.

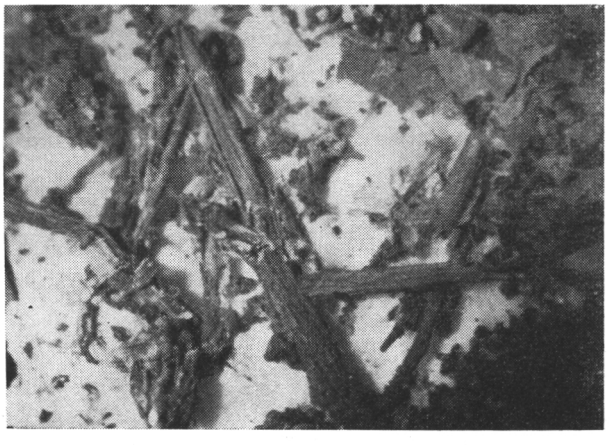


Fig. 7. A close-up view of the mycelium of *Hydnellum* (white) in humus. 10 x.

Table 2. Respiration rates of humus containing *Hydnellum* mycelium compared with surrounding humus, measured with a Warburg apparatus (direct method) from samples collected on the same or the preceding day of determination.

Samples	Gas exchange in µl/g humus x h.				RQ	
	O_2 uptake		CO_2 production			
	Hyd-nellum	surr. humus	*Hyd-nellum*	surr. humus	*Hyd-nellum*	surr. humus
1	351	158	326	140	0.99	0.89
2	402	102	434	80	1.08	0.79
3	556	153	613	99	1.10	0.65
4	357	85	466	98	1.30	1.14
5	585	117	—	—	—	—
6	212	90	—	—	—	—
7	331	160	—	—	—	—
Mean	399.1	123.6	459.8	104.3	1.12	0.87

The toughness of the mycelium is also related to the number of tree roots in it. In 26 samples, roots with a diameter of under 1 mm amounted to 26.20 ± 1.30 mg/cm³ in the mycelial humus and in the surrounding raw humus 10.56 ± 0.92 mg/cm³ and the lenght of the roots was 995 ± 117 mm/cm³ and 473 ± 77 mm/cm³ respectively. It seems that the roots seek the mycelial humus actively.

The water-holding capacity, determined according to W i l d e & V o i g t (1955), was about 50—60 % smaller in the mycelium than in the surrounding humus, a difference related to the thickness of the humus layer.

The amount of oxygen uptake and carbon dioxide production in the humus has been used as one measure of its decomposition activity. In the present study the intensity of respiration was determined from fresh samples with a Warburg apparatus, as well as in nature by the method of H a b e r (1959). The results are seen in table 2. The samples for Warburg determinations were collected on the same or the preceding day from Tuusula, Ruotsinkylä in August and September, 1962 in a pine forest of *Vaccinium* type. The activity of the mycelial humus was about 2—4 times the activity of the surrounding humus. Compared with values obtained by similar methods (e.g. M e y e r 1960), ordinary humus agrees in general with the activity of podzol humus, but the respiration rate of humus that contains *Hydnellum* mycelium is comparable to that of eutrophe brown earth. Four determinations were made by the method of H a b e r (1959), and the average carbon dioxide production on the *Hydnellum* mycelium was 36.6 mg $CO_2/m^2 \cdot h$ (46.3—27.0) and on the surrounding humus 20.6 mg (23.2—19.3 mg). Thus, the difference in carbon dioxide production was similar to the preceding method, although the difference was smaller. It is often supposed that the fungi in raw humus represent a slow type of decomposition, and hence the high activity of *Hydnellum* in this case is remarkable.

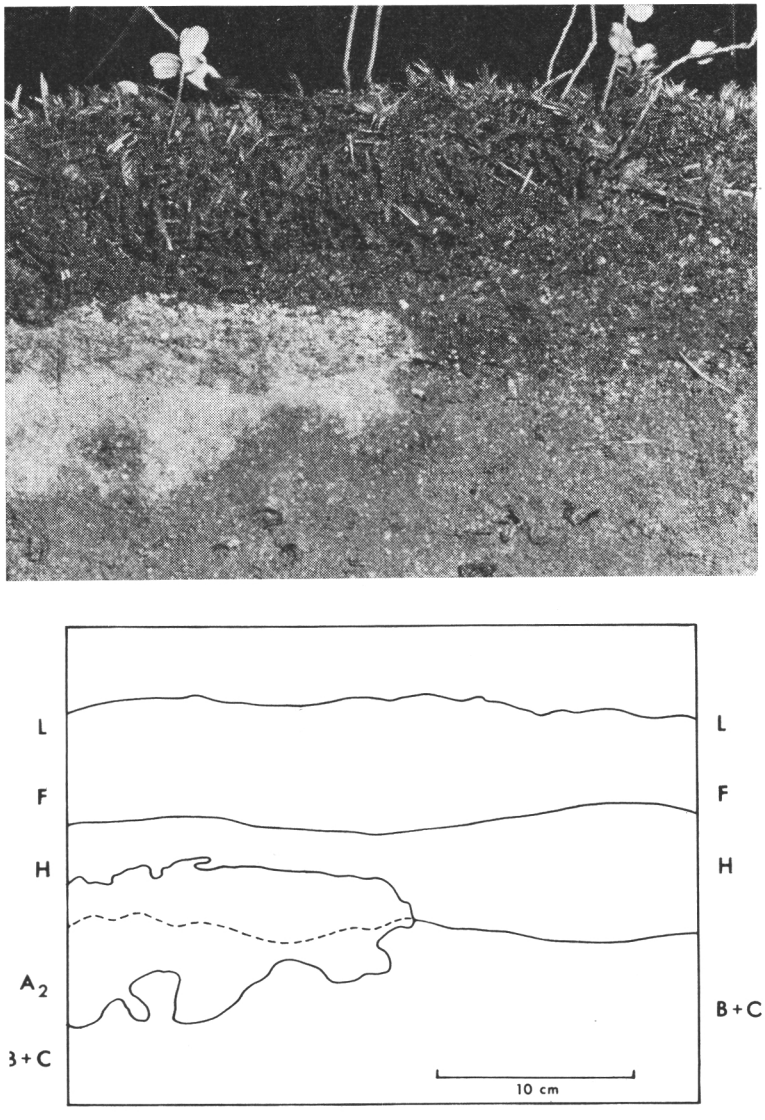


Fig. 8 and 8 a. A section of surface soil from a dry pine stand. On the left the mycelium of *Hydnellum* with a distinct A_2 horizon, which is lacking on the right under ordinary raw humus. Fig. 8 a shows the corresponding layers.

Fig. 8 shows a soil profile at the margin of the *Hydnellum* mat and fig. 8 a the corresponding horizons. On the right is a normal raw humus layer, where the L, F, H and C horizons are found. The B horizon is not visible, although a small increase in iron content can be detected analytically. The mineralogical composition of the underlying soil, which was fine sand,

investigated consists mainly of feldspars, quartz, biotite and small amounts of hornblende as well as oxide minerals, mainly magnetite. The color of the sand is brownish red, due to the presence of a thin layer of »limonite» (hydrated iron oxides, see D e e r et al. 1962, p. 124) on the mineral particles and sometimes between the particles. In many cases in the area studied, the eluvial horizon was lacking and the profile described can be regarded as normal.

Part of the profile in fig. 8, which contains the mycelium of *Hydnellum*, includes changed H-layer and a distinct eluvial A_2 horizon under which are indistinct B and C horizons.

The decrease in the thickness of the humus horizon at the margin of the mycelium is clearly visible, and on the corresponding site in the mineral soil, a strongly developed eluvial horizon appears. At Vessölandet in Porvoo, in a 140 year old pine stand, the thickness of the humus layer was determined and found to average 1.0 cm at the site of 80 mycelia, whilst the surrounding unchanged humus layer was 3.8 cm. The difference was statistically significant ($P < 0.01$). Sometimes a small depression was seen at the sites of the mycelia.

In order to account for the possibility that the white color of the mycelium would mask the dark color of the humus, the organic matter was determined in following way. After removal of litter and moss layers, which were readily separated from the rest with the aid of a humus borer, a sample was taken which included the humus layer and mineral soil to a depth 10 cm, measured from the surface of the mineral soil, and the loss on ignition was determined. Calculated as organic matter in dm^3 of surface mineral soil and in the humus layer above it, the *Hydnellum* mat contained 42.28 ± 1.92 g and the surrounding humus, 71.43 ± 3.98 g of organic matter. Thus it seems evident that on the sites where the fungus grows there is considerably less humus, an observation which suggests that the mycelium has a capacity to decompose raw humus substances. No traces of human activity, such as burning, etc., which might have caused a similar effect, could be found on the mycelium sites.

Effects on mineral soil

The occurence of an eluvial horizon under *Hydnellum* mycelium is in most cases as distinct as in fig. 8. This horizon is lacking, or is much less distinct, under the surrounding normal raw humus layer. The color change of the horizon does not depend on the color of the mycelium or the dryness of the sand, but on the changes parallel to the occurrence of the mycelium in the contents of iron oxides and organic matter.

Table 3. pH of the sand containing *Hydnellum* mycelium compared with ordinary sand at the same depth.

Sand containing *Hydnellum* mycelium ...	4.2	4.1	3.6	3.8	4.0	4.0	4.4
Ordinary sand	4.5	4.5	4.3	4.6	4.4	4.2	5.0

Soil samples were collected on Mätäkivenmäki hill at a depth of 5—7 cm from the mineral soil surface, the horizontal distance between mycelial and ordinary samples being about 10 cm. The samples were extracted with 1.0 N sulfuric acid, organic matter was removed by treating with H_2O_2, and iron content was determined with o-phenanthroline or by titrating with $KMnO_4$ solution (J a c k s o n 1962). The content of iron in sand containing *Hydnellum* mycelium was 0.48 % Fe_2O_3 on a dry weight basis, and in surrounding sand at the same depth 0.97 %. The difference was statistically significant ($t=6.00^{***}$, 6 d.f.). It is evident that the content of iron oxides at the site of the mycelium is about half that in the surrounding soil.

In Pyhäjoki parish a *Hydnellum* mycelium was found in an old gravel pit, the age of which was estimated from spruce saplings to be about 60 years. Under the mycelium it was seen a distinct 2—3 cm deep leached layer, which was indistinct under surrounding humus, and which contained about 85 % of the iron in the surrounding sand. Thus there is a possibility that the formation of a leached layer in this case may take place rather rapidly.

Not only the iron but also the organic matter has disappeared from the mycelial soil. According to elementary analyses of two samples, mycelial soil contained 0.877 and 0.872 % and the surrounding soil at the same depth 1.415 and 1.448 % carbon. These results, as well as the loss of ignition (p. 11), suggest that the carbon content of soil containing mycelium is considerably lower than that of the surrounding sand.

Table 3 indicates the acidity of sand containing mycelium of *Hydnellum* compared with the surrounding soil. The determinations were made with a glass electrode, after mixing distilled water with the sand 1:1 (w/w) during 1 h before measurement. Sand containing mycelium proved to be more acid than the surrounding sand. When the pH was measured directly from the moist sand in the field without addition of distilled water similar values were obtained.

For the content of phosphorus, mineral soil was extracted with 2.5 % acetic acid as well as 0.2 N sulfuric acid, the latter of which dissolves even difficultly soluble aluminum, iron and calcium phosphates (L i n n e r m a r k 1960). The determinations were made from airdried samples by the molybdophosphoric blue color method. The results in table 4 indicate that the mycelial soil contains considerably less phosphorus, especially difficultly soluble phosphorus compounds.

Table 4. The effect of *Hydnellum* on soil phosphorus. Values in mg/100 g.

	Sulfuric acid soluble P		Acetic acid soluble P	
	Hydnellum	soil close by on the same depth	*Hydnellum*	soil close by on the same depth
Lammi, Evo, VT, 19. 6. 63	9.28	21.88	1.32	3.80
Mäntsälä, Ohkola, VT, 19. 6. 63	6.10	21.22	1.08	1.92
Loppi, Onkimaa, VT, 7. 7. 63	9.68	11.34	2.32	3.60
» » »	10.34	12.07	2.32	3.36
Lammi, Evo, VT, 19. 6. 63	3.78	11.67	1.16	3.68
Hausjärvi, main village, VT, 3. 5. 63	9.28	16.58	1.84	2.84
Hausjärvi, Erkylä, VT, 3. 5. 63	13.26	26.52	1.68	2.04
Tuusula, Hyrylä, VT, 21. 5. 63	4.71	51.71	1.16	1.44
» » »	6.43	15.25	1.60	1.92
Mean	8.10	20.92	1.61	2.73

Exchangeable potassium was extracted with ammonium acetate solution from dried samples and determined by flame photometry. According to eight determinations, mycelial sand contained on the average 12.5 mg K_2O/100 g and the surrounding sand, 8.0 mg, the difference being statistically significant at the $P<0.02$ level. In contrast to the phosphorus, more exchangeable potassium is present in the mycelium containing sand than in the surrounding sand. For comparison, one determination of total potassium was made from both sands in the laboratory of the Geological Survey of Finland. According to it, mycelial sand contains 2.91 % K_2O and the surrounding soil 3.00 %. Unfortunately, because of the high costs of additional analyses the question of the possible effects of *Hydnellum* on the availability of potassium must be left open. According to L i n n e r m a r k (1960), sulfuric-acid-soluble phosphorus is smallest in the A_2 horizon of the podzol profile and increases downwards, in contrast to potassium, which decreases in the deeper layers. Thus on the basis of these characteristics, the mycelial sand can be regarded as more podzolized than the surrounding mineral soil at the same depth.

In the amount of calcium no significant difference was found between the two types of sand.

The total nitrogen of the mycelial soil as well as that of the surrounding soil at the same depth was determined by the Kjeldahl method from 32 samples. The mycelial soil contained 17.9 mg/100 g ovendry (100°) weight nitrogen and the surrounding soil at the same depth 47.6 mg/100 g. The difference was statistically significant ($t=25.9^{***}$, 15 d.f.). Thus the surrounding ordinary sand contains approximately twice as much nitrogen as the mycelial soil.

The amount of the clay fraction in the mycelium-containing soil was determined by the pipet method (see A a l t o n e n 1935, p. 49). The organic

Table 5. Content of clay (%) in the mycelial sand compared with surrounding sand.

Mycelial sand	1.6	1.9	2.1	2.1	2.3	1.7	1.2	1.5	1.6	1.7	mean	1.77
soil close by	1.4	2.1	2.0	2.2	2.4	1.9	2.0	1.6	3.0	3.8	»	2.24

matter was removed with hydrogen peroxide. The results in table 5 indicate that although the difference is not statistically significant in the mycelium-containing soil, there is slightly less clay fraction than at the same depth in surrounding sand. As the fine fraction is very important for water retention and nutrient adsorption, *Hydnellum* thus renders the mineral soil poorer, an effect which is probably in correlation with the changes in vegetation.

Since the *Hydnellum* mycelium makes intimate contact with the mineral soil, it was thought that the basidiocarps of this fungus might contain more trace elements than other, e.g. mycorrhizal, litter- or wood decomposing, basidiomycetes on the same site. Spectrographic analyses were carried out at the laboratory of the Geological Survey of Finland in regard to Cu, Mn, Zn, and Pb. The results are given in table 6. Compared with wood-destroying fungi (*Hypholoma*) and mycorrhizal species (*Boletus variegatus*), the basidiocarps of *Hydnellum* contained 2—3 times more of the trace elements investigated. *Phellodon tomentosus*, *Sarcodon fennicus* and *Tricholoma saponaceum* were, according to field observations, in many respects similar to *Hydnellum* and, according to the analyses the contents of trace elements, were greater than in wood-decomposing and mycorrhizal species, in one case (*Tricholoma saponaceum*) even higher than in *Hydnellum*.

The ash content of fruit bodies of fungi varies 1—30 % of dry weight (Zellner 1907, Mayer & Gorham 1951). In some cases there are

Table 6. Trace elements (ppm) in the basidiocarps of *Hydnellum* compared with some other fungi. All samples are collected in dry pine forest of *Vaccinium* type near *Hydnellum*.

	Ash %	Cu	Mn	Ti	Zn	Pb
Hydnellum ferrugineum	3.9	1400	2000	80	1200	68
Mycorrhizal species:						
Boletus variegatus	6.3	830	410	30	200	10
Wood-destroying species:						
Hypholoma capnoides	6.3	940	600	70	210	12
»	6.1	570	270	10	170	10
H. sublateritium	6.5	470	320	40	170	10
Visible activity similar to *Hydnellum:*						
Phellodon tomentosus	4.2	560	1900	60	540	25
Sarcodon fennicus	4.4	420	260	20	380	10
»	4.3	310	250	20	800	16
Tricholoma saponaceum	13.8	230	410	140	350	10

marked differencies between species, e.g. *Trametes suaveolens* and *Polyporus igniarius*, although they grow on the same substrate (Zellner 1908). According to Lounamaa (1956, 1965), lichens enrich certain elements (Zn, Pb) compared with vascular plants. The analyses above suggest that the trace element composition of *Hydnellum* differs from that of saprophytic fungi, which may be in correlation with the more intimate contact of the mycelium with mineral soil.

That these changes in the humus layer, and especially in the mineral soil, are directly caused by *Hydnellum* has not been proved; however, the following observations clearly suggest some kind of disintegrating action of this fungus on the soil minerals.

The effect of *Hydnellum* on stones

When the mycelium of *Hydnellum* grows on a stone in the surface sand, a distinct border can be seen between the parts affected by the mycelium and the original stone (fig. 9), and this border coincides accurately with the advancing front of the mycelium visible in the humus. The parts of the stone affected by the mycelium are softer and definitely more weathered than the unaffected parts, and in addition, the reddish color of the limonite is seen to be lacking. As the upper surface of stones covered only by humus is usually weathered to some extent, it should be noted that the effects of the mycelium are visible on the lower parts of the stones, too; thus, the

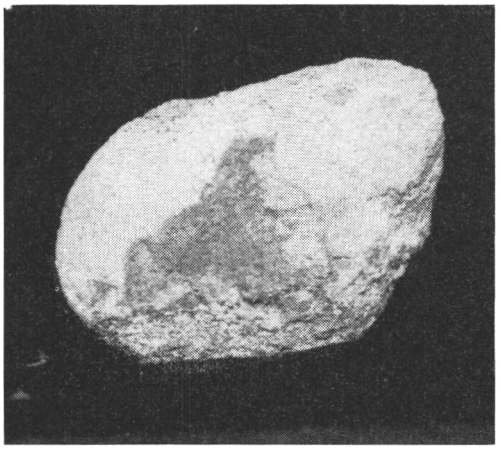


Fig. 9. A stone on which the mycelium of *Hydnellum ferruginosum* has grown. The extent of the mycelium coincided with the whitish areas, the unaffected parts are covered by iron oxides (dark).

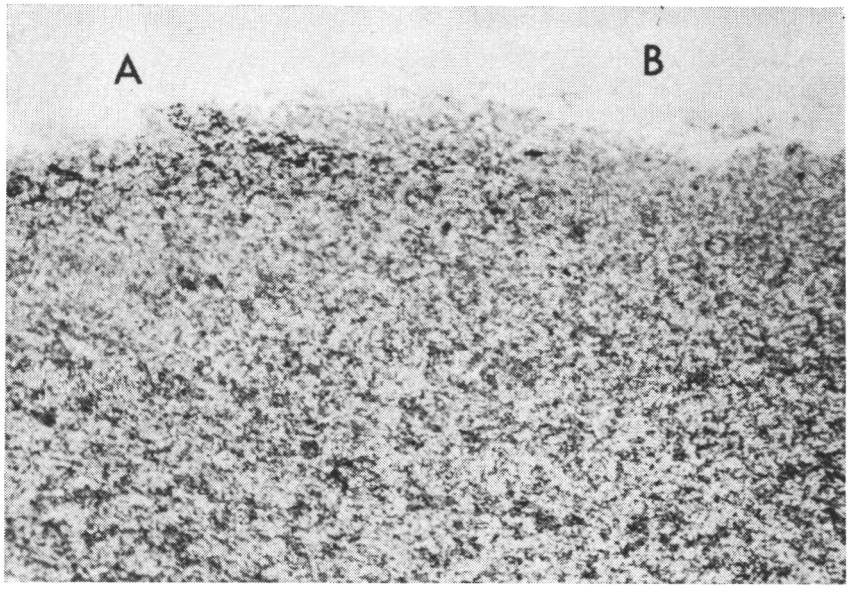


Fig. 10. A thin section of a stone. The surface is in B affected and in A not affected by the mycelium of *Hydnellum*. 20 x.

effects of the mycelium can be separated from the usual weathering of stones. This phenomenon is very obvious in schists, the surface of which may be softened to a depth of several mm, less clear in granitic rocks, and scarcely noticeable in quartzite, except for the disappearance of the limonite coating.

In order to study this phenomenon, thin sections were made of stones affected by the mycelium of *Hydnellum*. The material consisted of 6 stones taken from the surface sand under a *Hydnellum* mycelium in Tuusula and Porvoo. The parts not affected by the mycelium had a strong ferruginous color due to limonite, which was lacking on the parts in contact with the mycelium. In order to study the nature of the iron oxides, x-ray diffraction analysis was attempted, but without success.

On the surface of the stones, the minerals were found to have changed in all sections. The hornblende was transformed into chlorite and the biotite partly into a different type of biotite. In all cases the change was accompanied by the formation of limonite. When biotite was changed into another type of biotite, the birefringence decreased considerably. In general, the birefringence of the weathered biotite was 0.010—0.013 less than that of the unchanged biotite. This indicates that the ratio of Fe to Mg becomes smaller and the amount of iron in biotite decreases.

In the surface unaffected by the *Hydnellum* mycelium the biotite was covered by a thick coat of limonite, which is seen in fig. 10 as black points

(A). In the parts affected by the mycelium, the limonite was totally lacking (B). In both A and B the biotite was similar and in birefringence no significant differences were found.

On the basis of these observations, it is concluded that the fungus dissolves limonite, but the other residual minerals do not seem, at least at present, to have been appreciably changed mineralogically by the action of the fungus.

Discussion

The visible effects of *Hydnellum* on the vegetation are comparable with those of »fairy ring fungi» (S c h a n t z & P i e m e i s e l 1917). The mode of action of *Hydnellum* is different, however, because in fairy ring fungi, nitrogen mobilization, which we have not been able to find in the mat of *Hydnellum*, is one of the chief factors (M ü l l e r 1943). In both cases the final effect seems to be poorer vegetation at the center of old mycelia, and in the present case, it probably depends on the weathering action of the mycelium, loss of clay, difficultly soluble nutrients, and thinner humus cover. The changes in vegetation might in some cases to some extent influence the vegetational succession in dry pine forests, causing reindeer lichens to increase with the age of the stand. According to A h t i (1961), the *Cladina* spp. are characteristically climax species of old pine forests. The area occupied by *Hydnellum* is rather small, however, and thus the whole increase in lichens during the succession cannot be attributed to this fungus. How long the effect of the mycelium is visible in the vegetation is not clear, but from figures 4 and 5 it appears that the vegetation during one hundred years has not returned to the composition of the surrounding vegetation. The restriction of *Hydnellum* to older forest stands resembles the occurrence of the mycorrhizal fungus *Corticium bicolor* (M i k o l a 1961). Evidently, the increasing thickness and more favorable moisture conditions in closed older stands may influence the occurrence of the higher fungi.

The water retention of the mycelium may also influence the vegetation, especially, the growth of mosses above living mycelia. It is seen from fig. 5 that in dry pine stands the moisture content of the humus layer may drop to as little as 50 % of the dry weight during the summer, and this probably exerts a considerable influence on the activity of the fungi in the humus.

In recent times, considerable attention has been paid to the organic weathering of minerals (J a c k s 1965, M ü l l e r & F ö r s t e r 1964). Lichens have been found to contain substances which probably have an effect on soil-forming processes (S c h a t z, A. et al. 1954, S c h a t z, V. et al. 1956, S c h a t z, A. 1963). From within stones, considerable amounts of bacteria and algae have been isolated (W e b l e y 1963), some of which produce 2-

ketogluconic acid, which has a solvent effect on soil minerals (D u f f & W e b l e y 1959). As there is a definite leached layer under the *Hydnellum* carpet, which according to the analyses above is regarded as an A_2 podzol layer, it may be asked whether it is caused directly by this fungus. Although the connection is very evident, it has not yet been verified by pure culture experiments. The fungus was isolated in the fall of 1965, and the results of the physiological experiments will be presented in another paper.

It is also interesting to note the possibility that the amount of circulating nutrients may increase owing to the weathering activity of fungi. According to the investigations of M e y e r & K ö n i g (1960), certain acid-producing soil fungi and streptomycetes are able to take up phosphorus in pure culture even from hard rock phosphates, and it is released upon the autolysis of the hyphae. Some investigators (T a m m 1942, R o s e n d a h l 1942) have supposed that forest tree mycorrhizae are able to take up difficultly soluble nutrients from the soil. In the present case, *Hydnellum* probably forms mycorrhizae with pine. Pure culture experiments would give indications, as to whether the observed changes are connected with the uptake of nutrients by roots or exclusively due to leaching.

The loss of nitrogen from mycelial soil (p. 13) is also remarkable, as in northern coniferous forests nitrogen is often a limiting factor in tree growth. According to T a m m (1959), in North Swedish pine forest, the mineral soil to a depth of 50 cm contains several times (up to 10 x) more nitrogen than the humus layer. Most of the nitrogen in the mineral soil of the podzol profile is regarded as unavailable to higher plants. It seems that *Hydnellum* is able to decompose these substances and is thus antagonistic to the accumulation of insoluble nitrogen in these soils.

It is often supposed that microorganisms in the humus layer produce acid substances, which, besides the climatic factors, play a central role in the leaching (see e.g. W i l e n s k i i 1957). The changes in the soil properties in relation to the mycelium of *Hydnellum* seems to be one of the most evident cases of the influence of fungi on soil development. Up to the present, no other fungus species with an effect on soil comparable to *Hydnellum* has been found by the authors. If horizontal sections of the surface sand are made at a depth of 1—3 cm in dry pine forests, the sites of *Hydnellum* mycelia are readily visible as pale gray spots in otherwise ferruginous sand (Fig. 11). A similar, although much less intensive, effect on the sand and raw humus layer can be seen under basidiocarps of *Hydnellum velutinum*, *Phellodon albonigrum*, *P. melaleucus*, *Sarcodon fennicum* and *Tricholoma saponaceum*. These species may tentatively be called »raw humus decomposing fungi». Under *Phellodon tomentosus* and *Tricholoma saponaceum* it is sometimes possible to find stones with mottled surfaces lacking in iron oxides that coincide with the visible mycelium in the humus (fig. 12). In some cases the

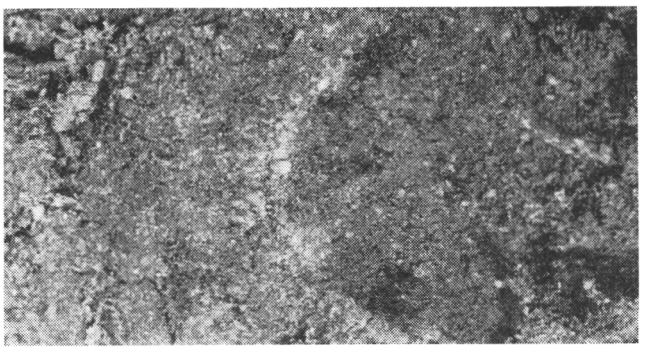


Fig. 11. A horizontal section of the mineral soil at a depth of 3 cm. Left: sand decolorized by the mycelium of *Hydnellum ferrugineum*, right darker original sand.



Fig. 12. Stone surface, on which the mycelium of *Phellodon tomentosus* has been growing. The place of the margin of the mycelium is clearly visible.

visible mycelium can penetrate into the readily disintegrating rapakivi granite to a depth of 2—3 cm.

The observations above strongly suggest that there are fungi which exert a profound influence on the properties of the podzol profile in the northern coniferous forest. It seems that fungi have a more direct influence on the soilforming processes than has hitherto been supposed.

Summary

The mycelium of *Hydnellum ferrugineum* is visible as a tough mat in the humus layer and uppermost soil in dry pine forests, sometimes covering several square meters. The older the trees are, the more extensive are the mycelia. At the sites of the mycelia, the dwarf-shrubs are lacking, the mosses *(Pleurozium, Dicranum undulatum)* develop more vigorously, and at the centre of large mycelia, the reindeer lichens *(Cladonia)* are conspicuous (fig. 4 and 5).

Soil containing *Hydnellum* mycelia were found to differ from the surrounding soil at the same depth in the following respects: the humus layer is thinner, penetration of rain water slower, pH lower, respiration activity and amount of tree roots higher, and the content of iron, total nitrogen, difficultly soluble phosphorus, and probably also clay, lower. The mycelial soil is regarded as more podsolized than the surrounding soil.

The weathering activity of the fungus on stones was studied in thin sections. Iron oxides were found to disappear from stone surfaces affected by the visible mycelium (fig. 9), but other minerals, especially biotite, were not found to have weathered owing to the activity of the fungus. These changes were not verified by pure culture experiments. On p. 18 are listed species which exert effects on the forest soil comparable with those of *Hydnellum.*

Acknowledgements.

The authors express their gratitude to Prof. P. J. Viro, Prof. Peitsa Mikola, and Prof. J. Donner for their critical reviews of the manuscript. The research was supported by U. S. Public Law 480 grant FG-Fi-132.

The author Hintikka (Finnish Forest Research Institute, Helsinki) is responsible for the biological and the author Näykki (Department of Geology and Mineralogy, University of Helsinki) for the pedological parts of this paper.

Literature

Aaltonen, V. T., 1935: Zur Stratigraphie des Podsolprofils I. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 20:6, 1—150.

Ahti, T., 1961: Taxonomic studies on reindeer lichens (Cladonia, subgenus Cladina). — Ann. Bot. Soc. »Vanamo» 32:1, 1—160.

Bourdot, H. & A. Galzin, 1927: Hyménomycétes de France, Hetérobasidies-Homobasidiés gymnocarpes.— 761 pp. Paris.

Deer, W. A., R. A. Howie & J. Zussman, 1962: Rock forming minerals, vol. 5, Non-silicates.— 371 pp. London.

Duff, R. B. & D. M. Webley, 1959: 2-ketogluconic acid as a natural chelator produced by soil bacteria. — Chemistry and Industry 1959, 1376—1377.

Haber, W., 1959: Ökologische Untersuchungen der Bodenatmung. — Flora 146, 109—157.

Hendersson, M. E. K. & R. B. Duff, 1963: The release of metallic and silicatic ions from minerals, rocks, and soils by fungal activity. — J. Soil Sc. 14, 236—246.

Jacks, G. V., 1965: The role or organisms in the early stages of soil formation. — Experimental Pedology, ed. by E. G. Hallsworth & D. V. Crawford, 219—226. London.

Jackson, M. L., 1962: Soil chemical analysis. — 498 pp. New Jersey.

Kujala, V., 1926: Untersuchungen über die Waldvegetation in Süd- und Mittelfinnland. I. Zur Kenntnis des ökologisch-biologischen Charakters der Pflanzenarten unter spezieller Berücksichtigung der Bildung von Pflanzenvereinen. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 10, 1—154.

Linnermark, N., 1960: Podsol och brunjord. — Publ. from the Institutes of Mineralogy, Paleontology, and Quaternary Geology University of Lund, Sweden, Nr. 75, 1—233 + diagrams.

Lounamaa, J., 1956: Trace elements in plants growing wild on different rock in Finland. — Ann. Bot. Soc. »Vanamo» 29:4, 1—196.

—»— 1965: Studies on the content of iron, manganese and zinc in macrolichens. — Ann. Bot. Fenn. 2, 127—137.

Maas Geesteranus, R. A., 1957: The stipitate Hydnums of the Netherlands — II. — Fungus 27, 50—70.

Meyer, F. H., 1960: Vergleich des mikrobiellen Abbaus von Fichten- und Buchenstreu auf verschiedenen Bodentypen. — Arch. f. Mikrobiol. 35, 340—360.

Meyer, L. & E. König, 1960: Versuchsergebnisse zur mikrobiellen Aufschliessung schwerlöslicher Phosphate durch Bodenpilze. — Landw. Forschung 13, 7—23.

Mikola, P., 1961: The bright yellow mycorrhiza of raw humus. — IUFRO 13. Congr. Proc. 24—4, 12 pp.

Müller, D., 1943: Über Chlorophyll- und Stickstoffgehalt in Hexenringen von Marasmius oreades. — Friesia 2, 221—224.

Müller, G. & I. Förster, 1964: Ein Beitrag zur Dynamik der Nährstoffreisetzung aus primären Mineralien durch mikroskopische Bodenpilze. — Albrecht Thaer-Arch. 8, 153—163.

Münch, D., 1914: Über Hexenringe. — Naturwiss. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft 12, 133—137.

Nikolajeva, T. L., 1961: Familia Hydnaceae. — Flora Plantarum Cryptogamarum URSS VI:2, 1—433.

Rosendahl, R. O., 1942: The effect of mycorrhizal and nonmycorrhizal fungi on the availability of difficultly soluble potash and phosphate minerals. — Soil Sc. Soc. Am. Proc. 7, 477—479.

Schantz, H. L. & R. L. Piemeisel, 1917: Funges fairy rings in Eastern Colorades and their effect on vegetation. — J. Agr. Res. 9:5, 191—245.

Schatz, A., 1963: Soil microorganisms and soil chelation. The pedogenic action of lichens and lichen acids. — J. agric. Food Chem. 11, 112—118.

Schatz, A., N. D. Cheronis, V. Schatz & G. S. Trelawny, 1954: Chelation (sequestration) as a biological weathering factor in pedogenesis. — Proc. Penn. Acad. Sc. 28, 44—51.

Schatz, V., A. Schatz, G. S. Trelawny & K. Barth, 1956: Significance of lichens as pedogenic (soil-forming) agents. — Proc. Penn. Acad. Sc. 30, 62—69.

Tamm, C. - O., 1959: Förrådet av växtnäringsämnen i mark och bestånd med särskild hänsyn till den nordsvenska tallhedens produktionsekologi. — Sv. Skogsvårdsförenings tidskr. 1959, 515—527.

Tamm, Olof, 1942: Några synpunkter på den svenska skogens fosfatfråga. — Sv. Bot. Tidskrift 36, 383—389.

Webley, D. M. & R. B. Duff, 1965: The incidence in soils and other habitats, of micro-organisms producing 2 -ketogluconic acid. — Plant and Soil 22, 307—313.

Webley, D. M., M. E. K. Henderson & L. F. Taylor, 1963: The microbiology of rocks and weathered stones. — J. Soil Sc. 14, 102—112.

Wilde, S. A. & G. K. Voigt, 1955: Analysis of soils and plants for foresters and horticulturists. — 117 pp. Ann. Arbor.

Vilenskii, D. G., 1957: Soil Science. — 488 pp. Moscow.

Zellner, J., 1907: Chemie der höheren Pilze. — 257 pp. Leipzig.

—»— 1908: Zur Chemie der höheren Pilze I-II. — Mh. Chem. 29, 45—54, 1171—1187.

TUTKIMUKSIA RUOSTEORAKKAAN, *HYDNELLUM FERRUGINEUM*, VAIKUTUKSESTA METSÄMAAPERÄÄN JA KASVILLISUUTEEN

Veikko Hintikka ja *Ossi Näykki*

Tutkimuksessa käsitellään ruosteorakkaan, *Hydnellum ferrugineum*, vaikutusta metsämaaperään ja -kasvillisuuteen. Sieni esiintyy kuivissa kangasmetsissä Perä-pohjolaan asti (kuva 1). Sen rihmasto on näkyvissä sammalkerroksen alla paksuna valkeana huovastona, joka voi peittää useiden neliömetrien alan. Laajimmat rihmastot todettiin yli 150 vuoden ikäisistä metsiköistä (kuvio 3). Huovastojen kohdalla varpukerros puuttuu tai on heikommin kehittynyt ja sammalkerros yhtenäisempi kuin ympäröivässä kasvipeitteessä. Vanhojen rihmastojen keskiosaan ilmaantuu usein poronjäkälää (kuvat 4 ja 5).

Metsämaan, jossa on näkyvää ruosteorakkaan rihmastoa, voitiin todeta poikkeavan ympäröivästä maasta seuraavissa ominaisuuksissa: humuskerros ohuempi, sadeveden tunkeutuminen hitaampaa, pH alhaisempi, hengitysaktiivisuus, puiden juurten määrä sekä vaihtuvan kaliumin määrä korkeampi; raudan, kokonaistypen, vaikeasti liukenevan fosforin ja todennäköisesti myös saviaineksen pitoisuus alhaisempi. Rihmastoa sisältävää maata pidetään voimakkaammin podsoloituneena kuin ympäröivää maata, ja raja näiden välillä saattaa olla varsin jyrkkä (kuva 8).

Ruosteorakkaan rihmaston vaikutusta kivien rapautumiseen tutkittiin ohuthieiden avulla. Rautaoksidien todettiin vähentyneen kivien pinnasta (kuva 9), joilla *Hydnellum*in rihmasto on kasvanut, mutta muiden mineraalien, etenkään biotiitin, ei voitu todeta mainittavammin muuttuneen sienen rihmaston vaikutuksesta. Näitä havaintoja ei ole onnistuttu varmistamaan sienen puhdasviljelmien avulla. Sivulla 18 luetellaan lajeja, joiden vaikutus metsämaaperään on samansuuntainen kuin *Hydnellum*in, vaikka vähemmän silmiinpistävä.

SUOMEN POHJOISPUOLISKON METSIEN RAKENNE KEHITYSLUOKITTAIN VUOSINA 1962-1963

VALTAKUNNAN METSIEN IV INVENTOINNIN TULOKSIA

PAAVO TIIHONEN

THE STRUCTURE OF THE FORESTS IN THE NORTHERN HALF OF FINLAND BY DEVELOPMENT CLASSES IN 1962—63

RESULTS OF THE FOURTH NATIONAL FOREST INVENTORY

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

Alkusanat

Professori Yrjö Ilvessalon laatiman suunnitelman mukaisesti suoritettiin myös maan pohjoispuoliskossa v. 1962—63 jatketun valtakunnan metsien IV inventoinnin yhteydessä metsien kehitysluokittaista rakennetta koskeva erillisselvittely. Laadittua suunnitelmaa edelleen seuraten jäi aihetta käsittelevän julkaisun valmistaminen allekirjoittaneen tehtäväksi. Tässä on rajoituttava vain toistamaan parhaat kiitokset inventoinnin ryhmänjohtajille ja metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa toimiville tutkimusapulaisille. Tutkimuksen käsikirjoitus- ja julkaisuvaiheessa saamastani ystävällisestä tuesta esitän kunnioittavat kiitokseni metsäntutkimuslaitoksen hallitukselle.

Helsingissä helmikuussa 1967

Paavo Tiihonen

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5

Aineisto ja tulosten esitystapa 6

Kehitysluokittaiset päätulokset 9

Metsäpinta-ala ja ikärakenne 9

Kuutiomäärä 9

Puuston kasvu 13

Lähiajan hakkuumahdollisuudet koeleimausten valossa 14

Vajaatuottoisina uudistettavien metsiköiden heikkopuustoisin osa 15

Rinnankorkeutta lyhyempien taimien esiintyminen 16

Kirjallisuusluettelo 17

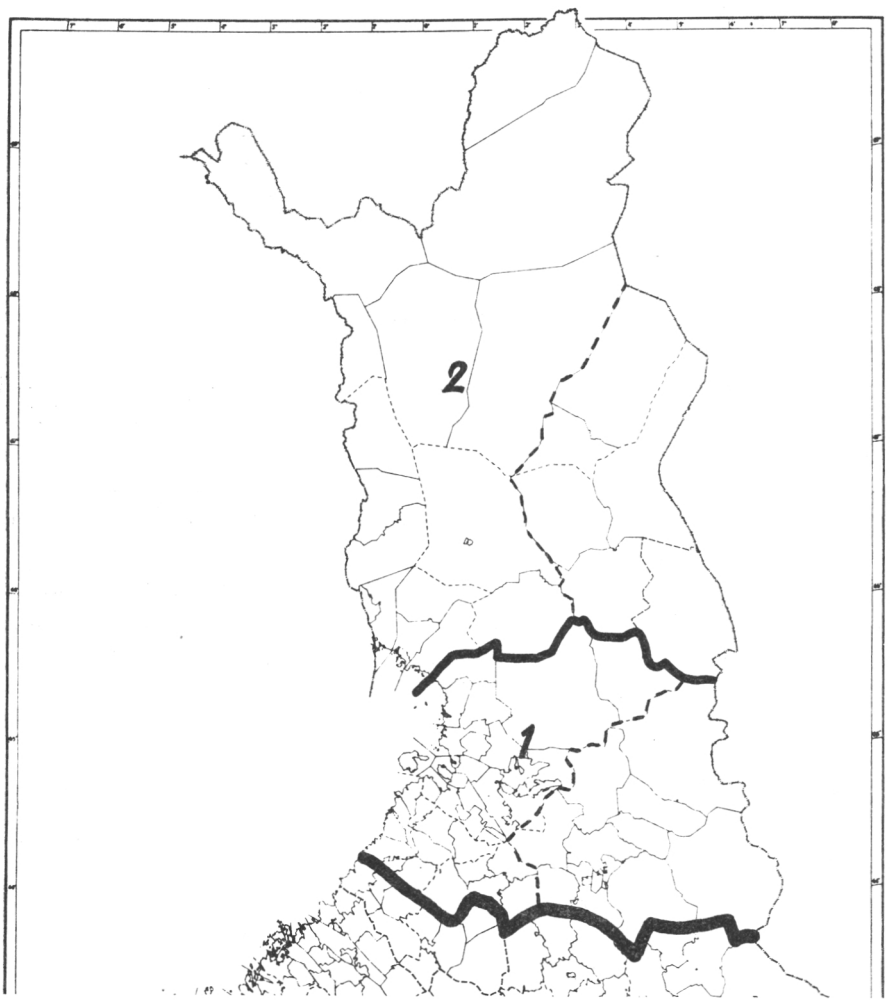
Summary in English 19

Taulukot — Tables 2—15 21

Johdanto

Vuonna 1960 aloitettuun, aluksi maan eteläpuoliskoon rajoitettuun valtakunnan metsien IV inventointiin liitettiin aikaisempiin inventointeihin verrattuna uutena tutkimuskohteena puuston kehitysluokittaisen rakenteen tarkastelu. Päähuomio kiinnitettiin kehitysluokittaisten kuutiomäärä- ja järeystunnusten tarkasteluun. Tutkimuksen päätulokset julkaistiin v. 1965 (T i i h o n e n 1965 a).

Puuston kehitysluokittaista rakennetta koskeva erillisselvittely liitettiin myös vuosina 1962—63 maan pohjoispuoliskossa jatketun IV inventoinnin työohjelmaan. Päätulokset esitetään tässä julkaisussa.



Kuva 1. Maan pohjoispuoliskon metsänhoitolautakuntien alueryhmät.
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa, 2. Koillis-Suomi—Lappi.
Fig. 1. The groups of Forestry Board districts in Northern half of Finland.

Aineisto ja tulosten esitystapa

Tutkimusaineisto on, kuten maan eteläpuoliskon vastaavassa tutkimuksessa, kokonaisuudessaan samaa IV inventoinnin aineistoa, johon aikaisemmin julkaistut maan pohjoispuoliskon metsänhoitolautakuntien alueryhmittäiset tulokset perustuvat (T i i h o n e n 1965 b, 1966). Alueryhmät, jotka nähdään kuvasta 1, ovat myös samat. Kumpikin alueryhmä käsittää seu-

raavassa asetelmassa esitetyt kaksi metsänhoitolautakuntaa. Asetelmasta nähdään myös metsämaalta mitatut linjapituudet. Alueryhmät ilmaistaan jäljempänä osittain esitetyillä järjestysluvuilla.

	Mhl-ryhmä [1]) *District group* [1])	Arvioimislinjaa metsämaalla, km *Survey line on forest land, km*
1.	Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	966
2.	Koillis-Suomi—Lappi	1 806
1—2.	Kaikki — *All groups*	2 772

[1]) Metsänhoitolautakuntien alueryhmän lyhennys — *Abb. for group of Forestry Board districts.*

Kehitysluokkien pinta-aloja ja ikärakennetta koskevat laskelmat perustuvat arvioimislinjoilta kertyneeseen kuvioittaisen kuvauksen aineistoon. Muiden tulosten laskennassa on nojauduttu koealoilla suoritettuihin mittauksiin ja koeleimauksiin. Tulokset koskevat ns. uuden käsitteen mukaista metsämaata, joka käsittää kasvullisen metsämaan, huonokasvuisen metsämaan parhaat kuviot (II → I -ryhmä) ja vähäisen määrän metsänkasvatusta silmällä pitäen ojitettuja joutomaasoita (III → I -ryhmä). Sovelletut kehitysluokat ovat samat kuin maan eteläpuoliskon kehitysluokittaisessa tarkastelussa. Luokitus on seuraava:

1. Paljaat alat — Openings
2. Taimisto a — Seedling stand a
3. » b — » b
4. Nuori harvennusmetsikkö — Young thinning stand
5. Varsinainen » — Actual » »
6. Väljennysmetsikkö — Accretion stand
7. Uudistusmetsikkö — Regeneration stand
8. Vajaatuottoisena uudistettava metsikkö — Stands to be renewed as underproductive

Kehitysluokkien määrittämisperusteet ovat (Ilvessalo 1963, s. 37—39):

»Paljaat alat. Paljaat tai metsikkökäsitteeksi riittämättömän, arvottoman tai aivan vähäarvoisen puuston jäännöksen käsittävinä miltei paljaat alat eivät varsinaisesti kuulu muihin kehitysluokkiin. Ne saattavat olla hoitoa vaille jääneitä paljaita aloja ja uudistusvaiheessa paljaita, vielä taimettumista tai taimettamista odottavia aloja sekä myös kokonaan epäonnistuneita metsänviljelyaloja.

Taimikoksi käsitetään puusto metsämaan laadun mukaan vaihtelevaan ikään saakka niin kauan, kuin taimikon suurimmat yksilöt ovat rinnankorkeudelta enintään n. 5 cm:n paksuisia, ja harvennuksessa (perkauksessa) poistettava puu yleensä jää pienen kokonsa takia maahan. Erotetaan kaksi alaryhmää: a. jossa ei ole ainakaan mainittavasti ylispuita eikä myöskään likimäärin taimikon ikäisiä, sitä huomattavasti haittaavia suurempia päällispuita, b. jossa sellaisia on merkittävässä määrin.

Harvennusmetsikkö. Erotetaan kaksi alaryhmää: a. Metsämaan laadun ja puuston kehitysasteen mukaan vaihtelevasti nuoreksi harvennusmetsiköksi (lyhennettynä nuoreikoksi) käsitettävä, taimikkoa vanhempi ja kookkaampi metsikkö niin kauan, kuin puut ovat rinnankorkeudelta enintään n. 10—12 cm:n paksuisia. Harvennuksesta kertyy kotikäyttöpuuta sekä pienikokoisista myyntipuuta. b. Edellistä vanhempi ja kookkaampi varsinainen harvennusmetsikkö, jonka latvusyhteyttä tilapäisesti rikkovasta harvennuksesta kertyy myyntihalkoa ja pyöreätä pinotavaraa sekä usein jonkin verran pieniä tukkeja, mutta huomattavasti myös a. kohdan pienpuuta, jollei nuoreikon harvennusta ole suoritettu.

Väljennysmetsikkö. Varsinaista harvennusmetsikköä vanhempaa ja kookkaampaa puustoa, jonka yleensä voimakkaammassa — latvusyhteyttä pysyvästikin rikkovassa — hakkuukäsittelyssä tavallisesti kertyy pinotavaran ohella edellistä huomattavammassa määrin tukkeja. Erotetaan myös uudistus- (etenkin suojuspuu-) hakkuun rajan arvioimisen helpottamiseksi.

Uudistusmetsikkö. Edellistä luokkaa vanhemmat, kehitysasteen mukaisesti parhaiten jo normaalisti uudistamiseen soveltuvat metsiköt ja uudistusalat. Alkuun erotettiin erikseen uudistusalat, joilla uudistushakkuu on aloitettu tai miltei loppuvaiheeseenkin saatettu, mutta uudeksi kehitysluokaksi riittävää taimikkoa ei ole vielä syntynyt. Erottaminen osoittautui kuitenkin varsinkin suojuspuu- ja osaksi siemenpuuhakkuunkin alkuvaiheessa siinä määrin vaikeaksi ja mielivaltaiseksi, että eri alaluokan erottamisesta luovuttiin. Luokka on siten epäyhtenäinen, mutta siinä suhteessa yhtenäinen, että seuraava vaihe on oleva taimikko pituudeltaan paljonkin vaihtelevan käsittelykauden jälkeen.

Uusittava metsikkö. Iästä ja puiden koosta riippumatta syystä tai toisesta kehitettäväksi kelpaamaton vajaatuottoinen metsikkö, jonka tilalle yleensä paljaaksihakkuuseen yhdistetyin metsänviljelyin on hankittava kasvupaikalla edullisimman puulajin taimikko. Vajaatuottoisuuden syyn mukaisesti erotetaan alaluokkia.»

Luettelon mukaisesti on paljaat alat pidetty kaikissa tarkasteluissa omana ryhmänään eikä yhdistetty, kuten Ilvessalo (mt., s. 39) on menetellyt, vähäiseltä osalta uudistusmetsikköihin ja pääosiltaan vajaatuottoisiin aloihin.

Kehitysluokittaiset koeala- ja koeleimausmäärät esitetään taulukossa 1. Kehitysluokat on ilmaistu tässä samoin kuin miltei kaikissa muissakin taulukoissa edellä esitetyn luettelon mukaisilla järjestysluvuilla.

Kehitysluokittaisten laskelmien tulokset on pääosiltaan koottu julkaisun loppuun liitettyihin taulukkoihin (taulukot 2—15). Osa tarkasteltavia puustotunnuksia kuvaavista tuloksista on laskettu alueryhmittäin ja edelleen kaikille kehitysluokille. Osittain on rajoituttu maan pohjoispuoliskon keskimääräislukujen tai yleisimmin esiintyvien kehitysluokkien tulosten tarkasteluun. Koska maan pohjoispuoliskon IV inventoinnin tuloksia on aikaisemmissa julkaisuissa selostettu myös mhl-ryhmittäin, rajoitutaan tulosten tarkasteluissa vain eräiden keskeisimpien piirteiden esittelyyn. Lisäksi suoritetaan suppeita eräiden puustotunnusten vertailuja maan etelä- ja pohjoispuoliskoissa.

Taulukko 1. Koealojen ja koeleimausten lukumäärä.
Table 1. Number of sample plots and trial marking plots.

Mhl-ryhmä [1]) *District group* [1])	Kehitysluokka — *Development class* 1	2	3	4	5	6	7	8	Yhteensä *Total*
	Koealojen lukumäärä — *Number of sample plots*								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	235	276	329	267	872	522	618	649	3 768
2. Koillis-Suomi—Lappi	276	265	894	333	681	601	2 239	1 793	7 082
1—2. Kaikki *All groups*	511	541	1 223	600	1 553	1 123	2 857	2 442	10 850
	Koeleimausten lukumäärä — *Number of trial marking plots*								
1.	62	48	270	180	619	386	435	621	2 621
2.	145	54	717	216	431	375	1 747	1 679	5 364
1—2.	207	102	987	396	1 050	761	2 182	2 300	7 985

[1]) Metsänhoitolautakuntien alueryhmän lyhennys. — *Abb. for group of Forestry Board districts.*

Kehitysluokittaiset päätulokset

Metsäpinta-ala ja ikärakenne

Taulukosta 2 nähdään kehitysluokittaiset metsäpinta-alat. Toistettakoon, että tulokset tarkoittavat ns. uuden käsitteen mukaista metsämaata. Taulukon tuloksista ilmenee jo aikaisemmin useassa yhteydessä korostettu paljaiden alojen huomattava pinta-alaosuus. Edelleen todettakoon, että vajaatuottoisten luokkaan luettujen kuusikoiden osuus on lähes kaksikolmasosaa kuusivaltaisten metsiköiden kokonaisalasta eli moninkertainen maan eteläpuoliskoon verrattuna.

Maan eteläpuoliskon tulosten yhteydessä todettu ikäluokkajakaantumien »leveneminen» vanhoja ikäluokkia kohti ilmenee myös pohjoispuoliskon tuloksista (taulukko 3). Syynä ovat osittain II → I -ryhmän metsiköt, joita maan pohjoispuoliskossa on huomattava määrä. Väljennysmetsiköistä on todettava, että tähän luokkaan on luettu, kuten eteläpuoliskossakin, huomattava ala verraten vanhoja mutta elinvoimaisia metsiköitä (vrt. Tiihonen 1965 a, s. 9).

Kuutiomäärä

Puuston keskikuutiomäärää valaisee taulukkoryhmä 4. Ensimmäisestä osataulukosta (4 a) nähdään keskikuutiomäärä (kiinto-m³/ha kuorineen) kaikissa eri kehitysluokissa, kaikkien puulajien metsiköt yhdistäen saatuna

keskimääräislukuna. Taulukossa 4 b on ryhmittelyperusteena lisäksi puulajivaltaisuus, mutta tarkastelu on rajoitettu (varsinaisiin) harvennus-, väljennys- ja uudistusmetsikköihin (kehitysluokat 5—8).

Paljaiden alojen luokkaan luetut alat ovat sisältäneet maan eteläpuoliskoon verrattuna hieman runsaammin heikkolaatuista jätepuustoa, etenkin koivua, tai yksittäisiä siemen- tai suojuspuita. Taimisto- ja taimisto ynnä ylispuut- luokkien keskikuutiomäärien vertailu korostaa ylispuiden runsautta jälkimmäisessä kehitysluokassa. Yhdenmukaisesti maan eteläpuoliskon tulosten kanssa on väljennysmetsiköiden keskikuutiomäärä suurin. Syynä on osittain edellä viitattu vanhojen mutta elinvoimaisten ja yleensä runsaspuustoisten männiköiden lukeminen väljennysmetsiköiden luokkaan. Edelleen siemen- ja suojuspuualat on luettu uudistusmetsiköiden luokkaan.

Taulukon 2 mukaan käsittää vajaatuottoisina uudistettavien luokka pääosiltaan kuusi- ja lehtipuuvaltaisia metsiköitä. Etenkin kuusikot sisältävät myös runsaspuustoisia metsiköitä. Taulukosta 4 nähtävä kaikkien puulajien metsiköt yhdistäen saatu vajaatuottoisten luokan keskikuutiomäärä ylittääkin vastaavan varsinaisten uudistusmetsiköiden keskimääräistuloksen. Puulajivaltaisuuden mukaan tarkastellen (osataulukko 4 b) on vajaatuottoisina uudistettavien metsiköiden keskikuutiomäärä sen sijaan osittain huomattavastikin pienempi kuin muiden taulukossa esitettyjen kehitysluokkien vastaava tulos.

Puuston kuutiomäärän laskennan yhteydessä erotettiin eräistä kehitysluokista alaryhmiä. Esimerkkinä alaryhmien tarkastelusta esitetään seuraavassa asetelmassa harvennus- ja väljennysmetsiköistä erotetun alaryhmän keskikuutiomäärät. Alaryhmät koostuvat molemmissa kehitysluokissa sellaisista metsiköistä, jotka metsänhoidollisen tilan perusteella on luettu »hoitotehtävä viivästynyt» -luokkaan.

Harvennusmetsikkö *Actual thinning stand*			Väljennysmetsikkö *Accretion stand*		
Mhl-ryhmä — *District group*					
1	2	1—2	1	2	1—2
m³/ha kuorineen — *cu.m./ha., incl. bark*					
82	64	74	143	78	104

Koillis-Suomen ja Lapin alueen väljennysmetsiköiden alaryhmää lukuun ottamatta ovat kuutiomäärätulokset huomattavasti suurempia kuin ko. kehitysluokkien kaikkien metsiköiden keskikuutiomäärät.

Puuston kokonaiskuutiomäärää valaisee taulukko 5. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan mhl-ryhmässä ovat eri kehitysluokkien suhteelliset osuudet

puuston kokonaiskuutiomäärästä yhdenmukaiset maan eteläpuoliskon vastaavien tulosten kanssa. Harvennus- ja väljennysmetsiköiden osuudet ovat suurimmat ja luokat käsittävät yhteensä runsaat puolet mhl-ryhmän kokonaiskuutiomäärästä. Eteläpuoliskoon verrattuna on mhl-ryhmän alueella runsaammin mäntymaiden kuusikoita, mistä johtuen vajaatuottoisten luokan (8) osuus on yli kaksinkertainen eteläpuoliskon vastaavaan tulokseen verrattuna. Koillis-Suomen ja Lapin alueella on kokonaiskuutiomäärän »painopiste» selvästi uudistusmetsiköissä ja vajaatuottoisten luokassa, mikä seikka ilmenee myös pohjoispuoliskon keskimääräisluvuissa. Viitaten edellä esitettyihin väljennys- ja uudistusmetsiköiden luokitusperusteisiin voidaan todeta, että pohjoispuoliskon uudistusmetsiköiden osuus suurenisi entisestään, mikäli uudistusiän saavuttaneet, mutta vielä kasvatettavaksi kelvollisiksi katsotut ja siten väljennysmetsiköiden luokkaan luetut metsiköt yhdistettäisiin uudistusmetsikköihin. Näin muodostuva huomattava osuus kokonaiskuutiomäärästä onkin antanut aiheen korostaa uudistuskohteiden valinnan ratkaisevaa merkitystä metsävarojen ja hakkuumahdollisuuksien kestävyyden kannalta (T i i h o n e n 1966).

Taulukosta 6 havaitaan, että vajaatuottoisten luokka käsittää edellä esitetyn mukaisesti pääosiltaan kuusikoita ja koivikoita. Etenkin mäntyvaltaisten metsiköiden tuloksiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Taimisto-, taimisto ynnä ylispuut- ja nuoreikkoluokan (2—4) kokonaisosuus on kyllä suurempi kuin maan eteläpuoliskossa, mutta lähinnä kahteen viimeksi mainittuun luokkaan sisältyy huomattava määrä ylispuita. Harvennus- ja väljennysmetsiköiden osuus on 46.6 %, vastaavan osuuden ollessa maan eteläpuoliskossa 68.6 %. Edellä on myös viitattu väljennysmetsikköihin luettuihin uudistuskypsiin metsikköihin. Edelleen on todettava, että huomattava osa II → I -ryhmän (vrt. s. 7) metsiköistä on mäntyvaltaisia. Jos lisäksi otetaan huomioon kuusikoiden ja koivikoiden erilaiset kasvattamisen mahdollisuudet maan etelä- ja pohjoispuoliskossa, voidaan todeta, että kuutiomäärää koskevien tulosten valossa on puuston kehitysluokittainen rakenne maan pohjoispuoliskossa epäedullisempi kuin maan eteläpuoliskossa. Tätä epäedullista piirrettä korostavat myös taulukon 7 tulokset, joilla ensi sijassa on haluttu valaista, millainen »merkitys» kullakin kehitysluokan ja puulajivaltaisuuden mukaisesti muodostetulla luokalla on puuston kokonaismäärästä.

Puuston kuutiomäärän puulajisuhteiden tarkastelussa on rajoituttu pohjoispuoliskon keskimääräislukuihin (taulukkoryhmä 8). Paljaita aloja ja vajaatuottoisten metsiköiden luokkaa lukuun ottamatta on männyn osuus puuston kokonaiskuutiomäärästä ylivoimaisesti suurin. Lehtipuita, lähinnä koivua, on kaikkien kehitysluokkien metsiköissä runsaasti, osittain koivuvaltaisina metsikköinä mutta varsinkin sekapuuna kaikkialla, etenkin kuusivaltaisissa metsiköissä (osataulukko 8 c).

Keskikuutiomäärän yhteydessä tarkastelluissa alaryhmissä päädyttiin seuraavassa asetelmassa esitettyihin kokonaiskuutiomääriin. Asetelmasta nähdään myös alaryhmän puuston kokonaismäärän ja metsäalan sadannesosuudet kaikkien harvennus- ja väljennysmetsiköiden vastaavista kuutiomäärä- ja pinta-alaluvuista.

Harvennusmetsikkö *Actual thinning stand*			Väljennysmetsikkö *Accretion stand*		
Mhl-ryhmä — *District group*					
1	2	1—2	1	2	1—2
Milj. m³ kuorineen — *Million cu.m., incl. bark*					
19	11	30	13	11	24
Alaryhmän osuus kehitysluokan kokonaiskuutiomäärästä, % *The volume of subgroups in per cent of the total volume of the development classes*					
39	36	38	25	27	26
Alaryhmän osuus kehitys luokan koko metsäalasta, % *The area of subgroups in per cent of the total forest land area of the development classes*					
32	32	32	21	26	24

»Hoitotehtävä viivästynyt» -luokkaan luettuja metsiköitä on molemmissa kehitysluokissa huomattava määrä. Tulokset antavat siten aiheen korostaa, että ko. metsiköitä olisi pyrittävä saamaan vastaisten hakkuiden piiriin mahdollisimman laajamittaisesti.

Puuston järeyssuhteiden (läpimittaryhmät rinnankork.) tarkastelussa on samoin rajoituttu vain koko pohjoispuoliskon keskimääräistuloksiin. Ylispuiden huomattava määrä ilmenee selvästi taimisto ynnä ylispuutluokassa (3) ja vielä nuorissa harvennusmetsiköissäkin (4). Rinnankorkeudelta yli 20 cm:n runkoja eli ns. järeää puustoa on sekä määrällisesti että suhteellisesti eniten uudistusmetsiköiden luokassa. Todettakoon, että inventoinnin tulosten mukaan maan eteläpuoliskossa sisältyi väljennysmetsikköihin eniten järeää puustoa. Osataulukoissa 9 b ja 9 c on esitetty järeyssuhteet mänty- ja kuusivaltaisten metsiköiden yleisimmin esiintyvistä kehitysluokista.

Taulukkoryhmän 10 a- ja b-osat valaisevat tukkipuurunkojen lukumääriä keskimäärin metsämaan hehtaaria kohden. Osataulukon 10 b supistamista silmällä pitäen on rajoituttu kolmeen läpimittaluokkaryhmään, c-osassa edelleen vain puulajeittaisiin kokonaislukumääriin.

Keskimäärin hehtaaria kohden saaduissa tuloksissa (10 a) ilmenee vastaavanlaisia piirteitä kuin maan eteläpuoliskon kehitysluokittaisissa tuloksissa. Tukkipuita on väljennysmetsiköiden luokassa ylivoimaisesti

eniten. Ero harvennus- ja uudistusmetsiköiden tukkipuumääriin verrattuna on molemmissa alueryhmissä suhteellisesti vieläkin suurempi kuin maan eteläpuoliskossa. Vajaatuottoisina uudistettavien luokan tukkipuiden lukumäärä on Kainuun—Pohjanmaan alueella suurempi kuin keskimäärin koko metsämaalla ja on miltei yhtäsuuri kuin keskimäärin Koillis-Suomen ja Lapin alueella. Tämä johtuu, kuten edellä on viitattu, etenkin luokkaan luetuista runsaspuustoisista kuusikoista.

Väljennysmetsiköiden huomattava osuus Kainuun—Pohjanmaan alueella (vrt. taulukko 2) aiheuttaa sen, että tukkipuiden keskimääräisluvuissa todettu ero ilmenee myös kokonaislukumäärissä (taulukko 10 c). Koillis-Suomen ja Lapin alueella on sen sijaan uudistusmetsiköiden kokonaisala ylivoimaisesti suurin, mistä johtuen luokan tukkipuiden kokonaislukumäärä on lähes 40 % koko mhl-ryhmän kokonaismäärästä, 277.1 milj. rungosta. Koko pohjoispuoliskon osalta on syytä kiinnittää huomiota myös taimisto- ja nuoreikkometsiköiden kehitystä haittaaviin ylispuihin.

Puuston kasvu

Puuston kasvu on ilmaistu kuorettomina kiintokuutiometreinä. Maan pohjoispuoliskon inventoinnin päätulosten yhteydessä on toistuvasti todettu, että keskimäärin vuotta ja metsämaan hehtaaria kohden laskettu kasvu, keskikasvu, on maan pohjoispuoliskossa vain noin kolmannes eteläpuoliskon keskikasvuluvusta. Keskimääräistulosta samoin kuin kehitysluokittain saatuja koko pohjoispuoliskon keskikasvulukuja (taulukko 11) pienentävät lähinnä Koillis-Suomen ja Lapin alueen pienehkö keskikuutiomäärä ja vanhojen ikäluokkien metsiköiden runsaus. Kainuun ja Pohjanmaan alueen keskikasvuluvut ovat noin 50—60 % vastaavista maan eteläpuoliskon keskimääräisluvuista. Pohjoispuoliskon osa-alueittaiset erot ilmenevät myös osataulukoista 11 b ja 11 c.

Osa-alueittain ja kehitysluokittain tarkastellen ilmenee puuston vuotuisessa kokonaiskasvussa (taulukko 12) vastaavanlaisia piirteitä kuin puuston kokonaiskuutiomäärässä. Väljennys- ja uudistusmetsiköiden (6—8) osuudet puuston kokonaiskasvusta ovat kuitenkin, etenkin ikäluokkasuhteista johtuen, taulukossa 5 esitettyjä kuutiomääräosuuksia pienemmät. Erityisesti on syytä kiinnittää huomiota Kainuun—Pohjanmaan alueen harvennusmetsiköiden osuuteen, joka on runsas kolmannes mhl-ryhmän puuston vuotuisesta kasvusta. Koko pohjoispuoliskon tuloksista ilmenee, että harvennusmetsiköiden osuus kokonaiskasvusta on muodostunut suurimmaksi. Todettakoon, että myös maan eteläpuoliskon metsien kehitysluokittaisessa tarkastelussa päädyttiin vastaavanlaiseen keskimääräistulokseen, joskin esim. maan eteläpuoliskon harvennusmetsiköiden ja vajaatuottoisten luokan suhteellisten osuuksien ero oli huomattavasti suurempi kuin vastaava taulu-

kon 12 kasvutulosten ero. Väljennysmetsiköiden sekä varsinaisten että vajaatuottoisten uudistusmetsiköiden osuus vuotuisesta kokonaiskasvusta on yhteensä 61 %, mikä osaltaan korostaa hakkuukohteiden valinnan keskeistä merkitystä maan pohjoispuoliskossa.

Lähiajan hakkuumahdollisuudet koeleimausten valossa

Koealoilla suoritettujen mittaustehtävien viimeisenä työvaiheena oli koeleimauksen suorittaminen. Koeleimaus tehtiin kuten eteläpuoliskon inventoinnissakin vain sellaisissa metsiköissä, joissa ko. hoitotoimenpide perustellusti olisi ollut syytä suorittaa aivan lähivuosien aikana. Todettakoon, että arvioimislinjojen leikkaamilla metsikkökuvioilla suoritetut hoitotoimenpide-ehdotukset kohdistuivat lähi 10-vuotiskauteen. Koeleimausten perusteiden ja merkityksen suhteen viitataan tässä maan eteläpuoliskon metsien kehitysluokittaista rakennetta valaisevaan julkaisuun (Tiihonen 1965 a, s. 13). Toistettakoon, että leimauksissa nojauduttiin lähinnä metsänhoidollisiin perusteisiin.

Vanhojen ikäluokkien ja vajaatuottoisina uudistettavien metsiköiden huomattavasta osuudesta (vrt. taulukot 2 ja 3) johtuen jouduttiin koeleimaus suorittamaan useilla koealoilla (vrt. taulukko 1). Kun metsänhoidollisena hoitotoimenpiteenä oli yleisesti voimakas väljennys- tai uudistushakkuu, käsitti hakkuuehdotus usein huomattavan osan koealametsikön kokonaispuustosta. Pohjoispuoliskon inventoinnin kaikki koeleimaustulokset yhdistäen saatiin sovellettujen perusteiden mukaiseksi hakkuumääräksi kaikkiaan 206 milj. m^3 (kiinto-m^3 kuoretta). Saatu tulos on n. 55 % koko pohjoispuoliskon metsien kokonaiskuutiomäärästä. Todettakoon, että maan eteläpuoliskon inventoinnin vastaava osuus oli n. 38 %.

Saatu kokonaishakkuumäärä antaa aiheen todeta, ettei hakkuita voida suorittaa koeleimausten mukaisessa laajuudessa metsävarojen ja hakkuumahdollisuuksien kestävyyden puitteissa. Tulos korostaa kuitenkin osaltaan voimaperäisen metsänhoito- ja metsänparannustoiminnan tarvetta maan pohjoispuoliskon metsissä.

Vaikka koeleimausten mukainen kokonaishakkuumäärä ei sellaisenaan sovellukaan käytännön hakkuusuunnitteen perustaksi, voidaan koeleimaustulosten perusteella kuitenkin hahmotella kuva siitä, millaisissa metsiköissä hakkuita lähinnä olisi suoritettava, missä suhteessa kertyvät puumäärät ovat toisiinsa, mitä puulajeja ja minkä kokoisia runkoja lähinnä ensisijaisesti olisi poistettava jne. Yksityiskohtaisen kuvan saamiseksi olisi laskelmissa otettava huomioon vielä kasvunlisäys siltä ajalta, jonka kuluessa ko. kokonaismäärä hakattaisiin. Kasvunlisäystä ei ole kuitenkaan otettu huomioon taulukkoryhmän 13 tulosten laskennassa. Esitettävät lukusarjat luonnehtivat yksinomaan inventoinnin ajankohdan mittaustuloksia.

Taulukkoryhmän a-osa osoittaa metsänhoidollisin perustein suoritetuissa hakkuissa kertyvän väljennys- ja uudistusmetsiköistä sekä vajaatuottoisten luokkaan luetuista metsiköistä keskimäärin hehtaaria kohden huomattavan puumäärän. Edellä toistuvasti viitattu ylispuiden huomattava osuus ja poistamisen tarve taimisto ynnä ylispuut-luokassa ilmenee korostetusti, jos tuloksia verrataan vastaaviin kokonaispuuston (kuorellisiin) keskikuutiomääriin (taulukko 4). Vastaava puulajisuhteiden vertailu (13 b ja 8 a) osoittaa, että hakkuissa tulisi poistaa ensi sijaisesti kuusia ja etenkin lehtipuita.

Edellä esitetystä kokonaismäärästä, 206 milj. m³:stä, n. 36 % kertyy Kainuun ja Pohjanmaan alueelta ja n. 64 % Koillis-Suomen ja Lapin alueryhmästä. Molemmissa alueryhmissä on vajaatuottoisina uudistettavien metsiköiden (8) osuus kokonaismäärästä suurin (osataulukko 13 c). Taulukkoryhmän d-osassa on lopuksi haluttu valaista, kuten edellä taulukossa 7, kokonaismäärän jakaantumista puulajivaltaisuuden ja kehitysvaiheen perusteella erotettuihin luokkiin. Uudistushakkuiden tarpeen ohella antavat tulokset aiheen toistuvasti korostaa etenkin uudistuskohteiden valintaa.

Vajaatuottoisina uudistettavien metsiköiden heikkopuustoisin osa

Taulukkoryhmä 14 valaisee vajaatuottoisina uudistettavista metsiköistä erotetun alaryhmän, »hyvin huonojen» metsiköiden keskikuutiomäärää sekä puulaji- ja järeysrakennetta. Inventoinnissa sovellettujen luokitusperusteiden mukaisesti koostuu hyvin huonojen metsiköiden alaryhmä sellaisista metsiköistä, joissa puuston määrä ja arvo on niin vähäinen, etteivät hakkuutulot peitä uudistuskustannuksia. Tarkastelussa on rajoituttu vajaatuottoisten metsiköiden luokasta erotettuihin puustoltaan huonoimpiin metsikköihin. Inventoinnin luokitusperusteiden mukaisesti kuuluu luokkaan »hyvin huono» myös pääosa, n. 90 % eli 340 000 ha paljaita aloja, jotka on käsitelty omana ryhmänään. Taulukossa 14 esitetty alaryhmä käsittää vajaatuottoisina uudistettavien kehitysluokan kokonaisalasta n. 27.5 % eli n. 530 000 ha. Alaryhmän suhteellinen osuus on hieman pienempi mutta kokonaisala n. 55 % suurempi kuin maan eteläpuoliskossa.

Puuston kokonaiskuutiomäärän arvioksi saatiin Kainuun—Pohjanmaan alueella 2.8 milj. m³ ja Koillis-Suomen—Lapin alueella 13.8 milj. m³. Maan pohjoispuoliskon kokonaismäärästä, 16.6 milj. m³:stä, on lähes puolet lehtipuita ja edelleen n. 70 % rinnankorkeudelta alle 20 cm:n runkoja. Todettakoon, että hyvin huonojen metsiköiden puuston kokonaiskuutiomäärän arvioksi saatiin maan eteläpuoliskossa 11.4 milj. m³. Alaryhmän arvioksi koko maassa saadaan siten 28 milj. m³.

Rinnankorkeutta lyhyempien taimien esiintyminen

Viimeisenä tarkastelukohteena on rinnankorkeutta lyhyempien taimien esiintyminen seuraavissa kehitysluokissa: taimisto (kehitysluokka 2), taimisto ynnä ylispuut (3), väljennysmetsikkö (6) ja uudistusmetsikkö (7). Taulukkoryhmän 15 tulokset perustuvat koealoilla suoritettuihin mittauksiin. Tarkastelun piiriin on luettu 1.3 m lyhyemmät, kasvupaikalle soveliaat, kehityskelpoiset mänty- ja kuusitaimet. Taulukon mukaisesti on luokitteluperusteena ollut edelleen puulajivaltaisuus ja taimien pituus. Tuloksista todettakoon lähinnä, että mäntyvaltaisissa taimistoissa näyttäisi olevan verraten runsaasti pienikokoisia taimia. Mainittakoon, että etenkin maan pohjoispuoliskon kuivimpien kankaiden männiköissä on puuston rakenne myös taimistoikäluokkia varttuneemmissa metsiköissä usein hyvin vaihteleva.

Kirjallisuusluettelo

Ilvessalo, Yrjö. 1963. IV valtakunnan metsien inventointi. 2. Maan eteläpuoliskon metsänhoitolautakuntien alueryhmät. Summary: Fourth national forest inventory. 2. Southern forestry board districts. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja (MTJ) 57.4.

Tiihonen, Paavo. 1965 a. Suomen eteläpuoliskon metsien puuston rakenne kehitysluokittain vuosina 1960—61. Valtakunnan metsien IV inventoinnin tuloksia. Summary: The structure of the growing stock of the forests in the southern half of Finland by development classes in 1960—61. Results of the fourth national forest inventory. MTJ 60.1.

—»— 1965 b. Suomen pohjoispuoliskon metsävarat 1951—63. Metsälehti N:o 18—19.

—»— 1966. IV valtakunnan metsien inventointi. 3. Maan pohjoispuoliskon vesistöjen ja metsänhoitolautakuntien alueryhmät. Summary: Fourth national forest inventory in Finland. 3. Northern water system areas and forestry board districts. MTJ 60.6.

The structure of the forests in the northern half of Finland by development classes in 1962—63

Results of the Fourth National Forest Inventory

Summary

As a new object of investigation, in comparison to previous inventories, study of the structure of the growing stock by development classes was added to the tasks of the Fourth National Forest Inventory, which, after its beginning in 1960, was first limited to the southern parts of Finland. Principal attention was given to the study of volume and diameter characteristics by development classes. The main results of the investigation concerning southern Finland were published in 1965 (Tiihonen 1965 a).

The study of the structure of the growing stock by development classes was also included in the program of work of the fourth inventory for the part of the northern half of the country where the field work was done in 1962—63. The principal results of this study are presented in this paper.

The material of the present study is the same material of the Fourth National Forest Inventory which forms the basis of the results of the inventory of the forests in the northern part of the country, and which hase previously been published by district groups (Tiihonen, 1965 b, 1966). The district groups, which are presented in Fig. 1 (p. 6), are also the same. The text table on p. 7 shows the total lengths of survey lines by district groups. The table on p. 7 presents the development classes adapted. For the basis of determination of the classes, see the detailed information given by Ilvessalo (1963).

The numbers of sample and test marking plots by development classes are presented in Table 1 (p. 9). In this, as well as in almost all other tables, the development classes are indicated by numbers according to the system presented in the text table on p. 7. The results compiled in the tables are partly based on measurements carried out on sample plots and partly on estimation done by stand figures.

The bulk of the results of calculation by development classes are compiled in the tables at the end of the present paper (Tables 2—15). Part of the results were calculated by district groups, and they are partly presented as averages for the whole northern half of the country. Table 2 (p. 22) presents the distribution of the forest land area on development classes by district groups as well as on an average for the northern half of Finland. In addition, this table shows the distribution by dominant tree species. Table 3 (p. 23) reveals the age structure and average ages by development classes. Tables 4—9 (pp. 24—27) present data on the volume of the growing stock: Table group 4 (pp. 24), the average volume, Tables 5—7 (pp. 24—25), the total volume of the growing stock and its distribution on development classes, Table group 8 (pp. 26),

the distribution on tree species of the total volume, and Table group 9 (pp. 27), the dimensions of the growing stock. Table group 10 (pp. 28—29) presents the results of a special examination concerning sawtimber trees. Table group 11 (pp. 30) shows the principal results concerning the average growth of the growing stock and Table 12 (p. 30), the annual total growth. The data compiled in Table group 13 (pp. 31—32), based on test marking carried out on the sample plots, indicate the possibilities of cutting in the immediate future (about 3 years), provided that the same silvicultural principles are applied as in the test marking. In practical forestry, however, these principles cannot be followed. Table group 14 presents data on the subgroup of extremely poor stands which was separated from the group of forests to be regenerated due to underproductivity. This subgroup, the total area of which covers 530 000 hectares, is comprised of underproductive stands with so poor a growing stock that the income from the marketable timber obtained in cutting for regeneration does not cover the expenditures of cultivation. Table group 15, finally, gives results concerning the occurrence of seedlings under 1.3 m in height. This study is concerned with the examination of the possibilities of natural regeneration.

The text proper of the present paper gives brief information on the main features of different characteristics by development classes as interpreted on the basis of the data shown in the tables. The text table on p. 10 and 12 completes the information of the tables by presenting results concerning the volume of the growing stock of ordinary thinning and accretion stands which were separated and classified as an individual subgroup.

TAULUKOT—TABLES
2—15

Taulukko 2. Metsäalan jakaantuminen kehitysluokkiin. — *Table 2. Distribution of forest land area by development classes.*

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Kehitysluokka — *Development class*								Yhteensä *Total*	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
		Paljaat alat *Openings*	Taimisto [1] *Seedling stand* [1]		Nuori harvennusmetsikkö *Young thinning stand*	Varsinainen metsikkö *Actual stand*	Väljennysmetsikkö *Accretion stand*	Uudistusmetsikkö *Regeneration stand*	Vajaatuott. metsiköt *Stands to be renewed as underproductive*	%	Metsäpinta-ala *Area of forest land*
			a	b							
		Metsäalasta % — *Per cent of the area of forest land*									1 000 ha
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty		10.5	12.4	10.0	27.2	16.7	20.8	2.4	100.0	1 874
	Kuusi		0.9	0.3	0.9	20.4	15.7	11.1	50.7	100.0	798
	Lehtipuut		4.7	0.0	11.7	32.1	4.2	5.6	41.7	100.0	156
	Kaikki	6.0	7.1	8.0	7.2	24.0	14.8	16.3	16.6	100.0	3 009
2. Koillis-Suomi Lappi	Mänty		6.2	19.4	7.0	11.0	10.9	43.2	2.3	100.0	3 553
	Kuusi		0.0	0.3	0.7	5.4	8.9	12.2	72.5	100.0	1 303
	Lehtipuut		0.4	0.5	1.7	15.8	2.9	12.7	66.0	100.0	568
	Kaikki	3.5	3.9	12.2	4.7	9.8	9.3	31.2	25.4	100.0	5 621
1—2. Kaikki *All groups*	Mänty—*Pine*		7.7	16.9	8.1	16.7	12.9	35.3	2.4	100.0	5 427
	Kuusi—*Spruce*		0.3	0.3	0.8	10.8	11.4	11.8	64.6	100.0	2 101
	Lehtipuut — *Hardwoods*		1.3	0.4	3.8	18.8	3.2	11.2	61.3	100.0	724
	Yhteensä—*Total*	4.3	5.0	10.8	5.6	14.7	11.2	26.0	22.4	100.0	8 630

[1]) a = ei merkittävässä määrin ylispuita, b = taimisto ynnä ylispuut.
a = standards only in insignificant numbers, b = seedling stand with standards.

Taulukko 3. Kehitysluokkien ikärakenne ja keski-ikä.
Table 3. Age composition of development classes and mean age.
Kaikkien puulajien metsiköt keskimäärin. — *Average for stands of all tree species.*

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka *Development class*	Ikäluokka, v. — *Age class, years*											Keski-ikä, v. *Average age, years.*
		≤10	11—20	21—30	31—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—160	161—200	201+	
		Kehitysluokan alasta % — *Per cent of area of development class*											
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	2	48.9	30.9	13.1	6.5	0.6							13
	3	34.2	45.0	15.6	4.8	0.4							15
	4		2.0	18.1	47.1	30.9	1.9						38
	5			0.4	5.0	41.1	32.2	17.0	3.7	0.4	0.2		65
	6					0.3	14.7	37.2	30.4	15.0	2.0	0.4	103
	7					1.6	7.2	17.3	24.6	39.3	7.2	2.8	123
	8		1.2	1.3	3.3	8.1	11.8	13.7	14.3	25.0	14.2	7.1	120
2. Koillis-Suomi —Lappi	2	28.0	32.8	26.5	12.0	0.7							17
	3	21.8	33.2	29.9	13.6	1.5							20
	4		0.4	5.0	56.0	36.2	2.2	0.2					41
	5				1.7	27.0	30.2	19.1	11.1	8.2	2.7		81
	6						3.1	10.8	17.0	43.1	22.0	4.0	141
	7					0.2	1.2	5.2	9.8	29.0	32.6	22.0	170
	8		0.1	0.2	0.2	1.1	7.5	8.8	10.5	20.9	28.3	22.4	162
1—2. Kaikki — *All groups*	2	38.4	31.9	19.8	9.3	0.6							15
	3	25.0	36.3	26.1	11.4	1.2							18
	4		1.1	10.9	52.0	33.8	2.1	0.1					40
	5		0.0	0.2	3.6	35.0	31.3	17.9	6.9	3.8	1.3		72
	6					0.1	8.5	23.0	23.1	30.2	12.8	2.3	123
	7				0.0	0.5	2.5	7.8	13.0	31.3	27.1	17.8	160
	8		0.4	0.5	1.0	2.9	8.6	10.1	11.5	22.0	24.6	18.4	151

Taulukko 4. Keskikuutiomäärä.
Table 4. Mean volume.

a. Keskimäärin kaikkien puulajien metsiköissä. — *a. Average for stands of all tree species.*

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*								Keskimäärin *Average*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	m³/ha, kuorineen — *cu.m./ha, incl. bark*								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa ...	4	3	20	23	67	116	65	70	59
2. Koillis-Suomi—Lappi ..	9	3	24	26	55	79	51	52	46
1—2. Kaikki — *All groups*	7	3	23	25	62	96	54	56	51

b. Puulajivaltaisuuden mukaan harvennus (5)-, väljennys (6)-, ja uudistusmetsiköissä (7 ja 8).

b. According to dominant tree species in thinning (5), accretion (6) and regeneration stands (7 and 8).

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Kehitysluokka — *Development class*				Keskimäärin *Average 2—8*
		5	6	7	8	
		m³/ha, kuorineen — *cu.m./ha, incl. bark*				
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine*	61	113	55	48	52
	Kuusi — *Spruce*	85	124	111	77	89
	Lehtipuut-*Hardwoods*	71	140	53	38	51
2. Koillis-Suomi — Lappi	Mänty	55	79	49	42	44
	Kuusi	66	79	69	61	63
	Lehtipuut	44	71	39	31	35
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	58	94	51	43	47
	Kuusi	80	103	84	66	73
	Lehtipuut	54	90	40	32	39

Taulukko 5. Puuston kokonaiskuutiomäärä.
Table 5. Total growing stock.

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*								Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Milj. m³ kuorineen ja % *Million cu. m. incl. bark, and per cent*								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	0.7	0.6	4.8	5.0	48.3	51.8	32.0	34.8	178.0
	0.4	0.3	2.7	2.8	27.1	29.1	18.0	19.6	100.0
2. Koillis-Suomi—Lappi	1.7	0.8	16.6	6.9	30.3	41.1	88.6	74.0	260.0
	0.6	0.3	6.4	2.7	11.7	15.8	34.1	28.4	100.0
1—2. Kaikki — *All groups*	2.4	1.4	21.4	11.9	78.6	92.9	120.6	108.8	438.0
	0.6	0.3	4.9	2.7	18.0	21.2	27.5	24.8	100.0

Taulukko 6. Puuston kokonaiskuutiomäärän jakaantuminen kehitysluokkiin eri puulajien metsiköissä.

Table 6. Distribution of total growing stock by development classes in stands of different tree species.

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Kehitysluokka — *Development class*							Yhteensä *Total*	
		2	3	4	5	6	7	8		
		Koko kuutiomäärästä % *Per cent of total growing stock*							%	milj.m³
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine* .	0.5	4.7	4.2	31.3	35.7	22.0	1.6	100.0	98.5
	Kuusi — *Spruce*	0.0	0.2	0.4	19.8	22.2	13.9	43.5	100.0	70.8
	Lehtipuut — *Hardwoods*	0.5	0.0	7.7	44.1	11.5	5.8	30.4	100.0	8.0
2. Koillis-Suomi —Lappi	Mänty	0.5	10.6	4.2	13.9	19.8	48.2	2.8	100.0	155.6
	Kuusi	0.0	0.0	0.3	5.6	11.1	13.1	69.9	100.0	82.7
	Lehtipuut	0.0	0.4	0.7	19.8	5.9	13.9	59.3	100.0	20.0
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	0.5	8.3	4.2	20.7	25.9	38.1	2.3	100.0	254.1
	Kuusi	0.0	0.1	0.4	12.1	16.2	13.5	57.7	100.0	153.5
	Lehtipuut	0.2	0.3	2.7	26.7	7.5	11.6	51.0	100.0	28.0

Taulukko 7. Puuston kokonaiskuutiomäärän jakaantuminen puulajivaltaisuuden ja kehitysluokan mukaisten ryhmien kesken.

Table 7. Distribution of total growing stock according to dominant tree species and development class.

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Kehitysluokka — *Development class*							Yhteensä *Total*
		2	3	4	5	6	7	8	
		Puuston kuorellisesta kokonaiskuutiomäärästä, % *Per cent of total growing stock, incl. bark.*							
1. Kainuu — Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine* .	0.3	2.6	2.3	17.4	19.8	12.2	0.9	100.0
	Kuusi — *Spruce*	0.0	0.1	0.2	7.9	8.9	5.5	17.4	
	Lehtipuut — *Hardwoods*	0.0	0.0	0.4	2.0	0.5	0.2	1.4	
2. Koillis-Suomi —Lappi	Mänty	0.3	6.4	2.5	8.4	11.9	29.0	1.7	100.0
	Kuusi	0.0	0.0	0.1	1.8	3.6	4.2	22.4	
	Lehtipuut	0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	1.1	4.6	
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	0.3	4.9	2.4	12.1	15.1	22.2	1.4	100.0
	Kuusi	0.0	0.0	0.1	4.3	5.7	4.7	20.3	
	Lehtipuut	0.0	0.0	0.2	1.7	0.5	0.8	3.3	

Taulukko 8. Puuston kokonaiskuutiomäärän jakaantuminen puulajeittain. Maan pohjoispuolisko keskimäärin.

Table 8. Distribution of total growing stock according to tree species. Averages for northern half of country.

a. Kaikkien puulajien metsiköt. — *a. Stands of all tree species.*

Puulaji *Tree species*	Kehitysluokka — *Development class* 1	2	3	4	5	6	7	8	Yhteensä *Total*
	Milj. m³ kuorineen — *Million cu. m., incl. bark*								
Mänty — *Pine*	0.3	1.0	16.6	8.5	46.7	58.8	80.4	15.9	228.2
Kuusi — *Spruce*	0.5	0.1	2.0	1.1	16.0	22.8	23.0	64.6	130.1
Lehtipuut — *Hardwoods*	1.6	0.3	2.8	2.3	15.9	11.3	17.2	28.3	79.7
Yhteensä — *Total*	2.4	1.4	21.4	11.9	78.6	92.9	120.6	108.8	438.0
	Osuus kuorellisesta kokonaiskuutiomäärästä, % *Per cent of total growing stock, incl. bark.*								
Mänty	12	72	78	72	60	63	67	15	52.1
Kuusi	21	7	9	9	20	25	19	59	29.7
Lehtipuut	67	21	13	19	20	12	14	26	18.2
Yhteensä — *Total*	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0

b. Mäntyvaltaiset harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköt (7 ja 8).
b. Pine-dominated thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

Puulaji *Tree species*	Kehitysluokka — *Development class* 5	6	7	8	Keskimäärin *Average* 2—8
	Kuorellisesta kokonaiskuutiomäärästä, % *Per cent of total growing stock, incl. bark*				
Mänty — *Pine*	83	83	79	68	80.2
Kuusi — *Spruce*	7	9	10	20	9.2
Lehtipuut — *Hardwoods*	10	8	11	12	10.6
Yhteensä — *Total*	100	100	100	100	100.0

c. Kuusivaltaiset harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköt (7 ja 8).
c. Spruce-dominated thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

Mänty — *Pine*	14	14	17	12	13.2
Kuusi — *Spruce*	58	68	62	69	66.1
Lehtipuut — *Hardwoods*	28	18	21	19	20.7
Yhteensä — *Total*	100	100	100	100	100.0

Taulukko 9. Puuston järeyssuhteet. Maan pohjoispuolisko keskimäärin.

Table 9. Composition of growing stock by DBH groups. Averages for northern half of country.

a. Kaikkien puulajien metsiköt. — *a. Stands of all tree species.*

Läpimitta rinnankorkeudelta *Diameter at breast height*	Kehitysluokka — *Development class* 1	2	3	4	5	6	7	8	Yhteensä *Total*
	Milj. m³ kuorineen — *Million cu. m., incl. bark*								
≤10 cm	0.8	1.0	3.8	5.3	15.8	6.2	9.9	13.5	56.3
10.1—20 »	1.1	0.3	5.7	3.3	41.3	32.1	32.8	42.6	159.2
20.1—30 »	0.4	0.1	6.8	2.0	17.4	40.9	46.7	34.6	148.9
30.1+ »	0.1	0.0	5.1	1.3	4.1	13.7	31.2	18.1	73.6
Yhteensä — *Total*	2.4	1.4	21.4	11.9	78.6	92.9	120.6	108.8	438.0
	Osuus kuorellisesta kokonaiskuutiomäärästä, % *Per cent of total growing stock, incl. bark*								
≤10 cm	33	72	18	44	20	7	8	12	12.9
10.1—20 »	46	21	26	28	53	34	27	39	36.3
20.1—30 »	17	7	32	17	22	44	39	32	34.0
30.1+ »	4	0	24	11	5	15	26	17	16.8
Yhteensä — *Total*	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0

b. Mäntyvaltaiset harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköt (7 ja 8).

b. Pine-dominated thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

Läpimitta rinnankorkeudelta *Diameter at breast height*	Kehitysluokka — *Development class* 5	6	7	8	Keskimäärin *Average* 2—8
	Kuorellisesta kokonaiskuutiomäärästä, % *Per cent of total growing stock, incl. bark*				
≤10 cm	19	6	7	8	11.9
10.1—20 »	52	31	25	26	32.1
20.1—30 »	24	48	40	33	36.7
30.1+ »	5	15	28	33	19.3
Yhteensä — *Total*	100	100	100	100	100.0

c. Kuusivaltaiset harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköt (7 ja 8).

c. Spruce-dominated thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

≤10 cm	18	8	9	10	10.5
10.1—20 »	55	43	37	39	41.5
20.1—30 »	22	36	38	35	33.6
30.1+ »	5	13	16	16	14.4
Yhteensä — *Total*	100	100	100	100	100.0

Taulukko 10. Tukkipuusto —

a. Tukkipuurunkojen lukumäärä keskimäärin hehtaaria kohden.
a. Number of saw and veneer timber trees per hectare of forest land.

Mhl-ryhmä *District group*	Puulaji *Tree species*	Kehitysluokka — *Development class*								Keskimäärin *Average*
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine* .	0.7	0.5	19.5	7.6	40.8	133.2	68.1	20.8	46.1
	Kuusi — *Spruce*	0.1	—	1.1	0.4	8.3	38.4	21.6	49.2	19.3
	Lehtipuut — *Hardwoods*	—	—	0.3	0.2	0.9	1.6	1.0	0.9	0.6
	Yhteensä—*Total*	0.8	0.5	20.9	8.2	50.0	173.2	90.7	70.9	66.0
2. Koillis-Suomi—Lappi	Mänty	1.5	0.9	25.6	16.0	39.5	92.6	52.2	8.9	34.9
	Kuusi	0.3	—	1.2	1.4	4.6	18.7	8.5	34.0	13.6
	Lehtipuut	0.1	0.7	—	0.3	1.6	1.9	1.0	0.5	0.8
	Yhteensä	1.9	1.6	26.8	17.7	45.7	113.2	61.7	43.4	49.3
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	1.1	0.6	24.0	12.2	40.3	111.2	55.7	12.0	38.9
	Kuusi	0.2	—	1.2	0.9	6.7	27.6	11.1	38.1	15.4
	Lehtipuut	0.1	0.4	0.1	0.3	1.2	1.8	1.0	0.6	0.7
	Yhteensä	1.4	1.0	25.3	13.4	48.2	140.6	67.8	50.7	55.0

b. Tukkipuurunkojen lukumäärä keskimäärin hehtaaria
b. Number of saw and veneer timber trees

Mhl-ryhmä *District group*	Puulaji *Tree species*	Kehitysluokka —								
		3			4			5		
		Läpimittaryhmä rinnankork., cm								
		19—23	25—29	31+	19—23	25—29	31+	19—23	25—29	31+
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine* .	8.7	7.5	3.3	2.3	3.4	1.9	28.7	10.0	2.1
	Kuusi — *Spruce*	0.9	0.1	0.1	0.1	0.3	—	6.0	2.0	0.3
	Lehtipuut — *Hardwoods*	—	0.2	0.1	0.1	0.1	—	0.7	0.2	0.0
	Yhteensä—*Total*	9.6	7.8	3.5	2.5	3.8	1.9	35.4	12.2	2.4
2. Koillis-Suomi—Lappi	Mänty	9.2	8.9	7.5	6.3	5.7	4.0	27.3	8.5	3.7
	Kuusi	0.5	0.4	0.3	1.2	0.1	0.1	3.5	0.8	0.3
	Lehtipuut	—	—	—	0.1	0.2	—	1.2	0.3	0.1
	Yhteensä	9.7	9.3	7.8	7.6	6.0	4.1	32.0	9.6	4.1
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	9.1	8.5	6.4	4.5	4.7	3.0	28.1	9.4	2.8
	Kuusi	0.6	0.4	0.2	0.7	0.2	0.0	4.9	1.5	0.3
	Lehtipuut	—	0.1	0.0	0.1	0.2	—	0.9	0.2	0.1
	Yhteensä	9.7	9.0	6.6	5.3	5.1	3.0	33.9	11.1	3.2

Table 10. Saw-timber trees.

c. Tukkipuurunkojen kokonaislukumäärä.
c. Total number of saw and veneer timber trees.

Mhl-ryhmä *District group*	Puulaji *Tree species*	Kehitysluokka — *Development class*							Yhteensä *Total*
		1—2	3	4	5	6	7	8	
		Milj. runkoa — *Millions of stems*							
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine* .	0.2	4.7	1.6	29.5	59.3	33.4	10.4	139.1
	Kuusi — *Spruce*	0.0	0.2	0.1	6.0	17.0	10.5	24.5	58.3
	Lehtipuut — *Hardwoods*	—	—	—	0.4	0.4	0.3	0.3	1.4
	Yhteensä —*Total*	0.2	4.9	1.7	35.9	76.7	44.2	35.2	198.8
2. Koillis-Suomi—Lappi	Mänty	0.4	17.4	4.1	21.7	48.2	91.2	12.7	195.7
	Kuusi	0.0	0.8	0.4	2.4	9.6	14.6	48.0	75.8
	Lehtipuut	0.2	—	0.1	1.1	1.2	2.1	0.9	5.6
	Yhteensä	0.6	18.2	4.6	25.2	59.0	107.9	61.6	277.1
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	0.6	22.1	5.7	51.2	107.5	124.6	23.1	334.8
	Kuusi	0.0	1.0	0.5	8.4	26.6	25.1	72.5	134.1
	Lehtipuut	0.2	0.0	0.1	1.5	1.6	2.4	1.2	7.0
	Yhteensä	0.8	23.1	6.3	61.1	135.7	152.1	96.8	475.9

kohden rinnankork. läpimittaluokkaryhmittäin.
per hectare of forest land by DBH-classes.

Development class									Keskimäärin *Average* 1—8		
6			7			8					
— *DBH-groups, cm*											
19—23	25—29	31+	19—23	25—29	31+	19—23	25—29	31+	19—23	25—29	31+
70.6	47.0	15.6	26.7	27.3	14.1	8.8	7.6	4.4	23.9	16.0	6.2
27.2	9.1	2.1	13.3	6.3	2.0	28.7	15.3	5.2	12.5	5.3	1.5
1.0	0.6	0.0	0.4	0.5	0.1	0.4	0.3	0.2	0.5	0.1	.
98.8	56.7	17.7	40.4	34.1	16.2	37.9	23.2	9.8	36.9	21.4	7.7
48.3	31.8	12.5	20.9	18.1	13.2	2.9	2.9	3.1	16.0	11.6	7.3
10.7	5.3	2.7	4.7	2.8	1.0	15.9	11.8	6.6	7.1	4.5	2.0
1.2	0.6	0.1	0.7	0.2	0.1	0.4	0.1	0.0	0.6	0.1	0.1
60.2	37.7	15.3	26.3	21.1	14.3	19.2	14.8	9.7	23.7	16.2	9.4
58.5	38.8	13.9	22.2	20.1	13.4	4.4	4.2	3.4	18.9	13.0	7.0
18.3	7.1	2.4	6.5	3.6	1.2	19.2	12.7	6.2	8.7	4.7	2.0
1.1	0.6	0.1	0.7	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
77.9	46.5	16.4	29.4	23.9	14.7	24.0	17.0	9.7	28.1	17.8	9.1

Taulukko 11. Keskikasvu.
Table 11. Mean annual growth.

a. Keskimäärin kaikkien puulajien metsiköissä.
a. Averages in stands of all tree species.

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*								Keskimäärin *Average*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	m³/ha kuoretta — *cu. m., excl. bark*								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	0.1	0.2	0.6	1.3	2.2	2.5	1.3	1.4	1.5
2. Koillis-Suomi—Lappi	0.2	0.2	0.5	1.0	1.4	1.3	0.7	0.8	0.8
1—2. Kaikki — *All groups*	0.2	0.2	0.5	1.1	1.9	1.9	0.8	1.0	1.0

b. Mäntyvaltaiset harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköt (7 ja 8).
b. Pine-dominated thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*				Keskimäärin *Average* 2—8
	5	6	7	8	
	m³/ha kuoretta — *cu. m./ha, excl. bark*				
1. Kainuu — Pohjois-Pohjanmaa	2.0	2.5	1.2	0.9	1.4
2. Koillis-Suomi—Lappi	1.5	1.3	0.7	0.6	0.8
1—2. Kaikki — *All groups*	1.8	1.8	0.8	0.7	1.0

c. Kuusivaltaiset harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköt (7 ja 8).
c. Spruce-dominated thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	2.4	2.4	2.1	1.4	1.8
2. Koillis-Suomi—Lappi	1.4	1.2	1.0	0.8	0.9
1—2. Kaikki — *All groups*	2.1	1.8	1.4	1.0	1.2

Taulukko 12. Puuston vuotuinen kokonaiskasvu.
Table 12. Total annual growth.

Kaikkien puulajien metsiköt. — *Stands of all species.*

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*								Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Milj. m³ kuoretta ja % — *Million cu. m., excl. bark, and per cent*								
1. Kainuu — Pohjois-Pohjanmaa	0.02	0.04	0.14	0.28	1.58	1.11	0.63	0.70	4.50
	0.4	0.9	3.1	6.2	35.1	24.7	14.0	15.6	100.0
2. Koillis-Suomi—Lappi	0.04	0.04	0.34	0.26	0.77	0.68	1.23	1.14	4.50
	0.9	0.9	7.6	5.8	17.1	15.1	27.3	25.3	100.0
1—2. Kaikki — *All groups*	0.06	0.08	0.48	0.54	2.35	1.79	1.86	1.84	9.00
	0.7	0.9	5.3	6.0	26.1	19.9	20.7	20.4	100.0

Taulukko 13. Lähiajan [1]) hakkuumahdollisuudet koeleimausten valossa.
Table 13. Possibilities for cut in the near future [1]) as indicated by trial markings.

a. Keskimäärin hehtaaria kohden. — *a. Average per hectare.*

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*								Keskimäärin *Average*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	m³/ha kuoretta — *cu. m./ha, excl. bark*								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	2	1	15	9	18	29	26	58	25
2. Koillis-Suomi—Lappi	6	1	17	12	15	21	23	40	24
1—2. Kaikki — *All groups*	4	1	16	11	17	25	24	44	24

[1]) Lähiaika kts. s. 14. — See p. 20.

b. Puulajisuhteet harvennus (5)-, väljennys (6)- ja uudistusmetsiköissä (7 ja 8).
b. Composition by tree species in thinning (5), accretion (6), and regeneration stands (7 and 8).

Mhl-ryhmä *District group*	Puulaji *Tree species*	Kehitysluokka — *Development class*				Keskimäärin *Average* 1—8
		5	6	7	8	
		% — *Per cent*				
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine*	40	43	44	17	34
	Kuusi — *Spruce*	23	35	34	64	42
	Lehtipuut — *Hardwoods*	37	22	22	19	24
2. Koillis-Suomi—Lappi	Mänty	46	49	54	11	37
	Kuusi	14	19	22	59	36
	Lehtipuut	40	32	24	30	27
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty	42	45	52	13	36
	Kuusi	20	28	25	61	38
	Lehtipuut	38	27	23	26	26

c. Kokonaismäärän suhteellinen jakaantuminen eri kehitysluokkien kesken.
c. Relative distribution of total cut among the different development classes.

Mhl-ryhmä *District group*	Kehitysluokka — *Development class*								Yhteensä *Total*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Kokonaismäärästä, % — *Per cent of total cut*								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	0.5	0.2	4.9	2.7	17.8	17.6	17.5	38.8	100.0
2. Koillis-Suomi—Lappi	1.0	0.1	8.6	2.4	6.3	8.4	30.6	42.6	100.0
1—2. Kaikki — *All groups*	0.8	0.1	7.3	2.5	10.4	11.7	25.9	41.3	100.0

d. Kokonaismäärän jakaantuminen puulajivaltaisuuden ja kehitysluokan mukaisten ryhmien kesken. — Maan pohjoispuolisko keskimäärin.

d. Distribution of total cut according to dominant tree species and development classes. Averages for northern half of country.

Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Kehitysluokka — *Development class*							Yhteensä *Total*
	2	3	4	5	6	7	8	
	Osuus kokonaismäärästä, % — *Per cent of total cut*							
Mänty — *Pine*	1.0 [1]	7.2	2.2	6.5	8.1	20.5	2.2	47.7
Kuusi — *Spruce*	0.0	0.1	0.1	2.9	3.2	4.5	34.1	44.9
Lehtipuut — *Hardwoods* ...	0.0	0.0	0.2	1.0	0.4	0.8	5.0	7.4
Yhteensä — *Total*								100.0

[1]) Paljaat alat (0.8 %) mukaan luettuina. — *Includes openings (0.8 %).*

Taulukko 14. Vajaatuottoisina uudistettavien ryhmän heikkopuustoisimpien, ns. hyvin huonojen metsiköiden puuston rakenne.

Table 14. Composition of the growing stock of the most poorly stocked stands in the group of stands to be renewed as underproductive.

a. Keskikuutiomäärä. — *a. Mean volume.*

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	m³/ha kuorineen *cu.m./ha, incl. bark*
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa	Kaikki — *All*	28
2. Koillis-Suomi—Lappi	Kaikki — *All*	32
1—2. Kaikki — *All groups*	Mänty — *Pine*	10
	Kuusi — *Spruce*	37
	Lehtipuut — *Hardwoods*	29
	Kaikki — *All*	31

b. Puulaji- ja järeyssuhteet.

b. Composition of growing stock by tree species and DBH-groups.

Mhl-ryhmä *District group*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Lehtipuut *Hard-woods*	Yhteensä *Total*	≤10 cm	10.1—20	20.1—30	30.1 +	Yhteensä *Total*
	%								
1. Kainuu—Pohjois-Pohjanmaa.	17	40	43	100	33	44	16	7	100
2. Koillis-Suomi—Lappi	12	39	49	100	24	44	22	10	100
1—2. Kaikki — *All groups*	13	39	48	100	26	44	21	9	100

Taulukko 15. Rinnankorkeutta (1.3 m) lyhyempien taimien esiintyminen.
Table 15. Occurrence of saplings of less than breast height (1.3 m).

a. Lukumäärä keskimäärin hehtaaria kohden. — *a. Average number per hectare.*

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Taimien puulaji *Sapling species*	Pituusluokka, m *Height class, m*	Kehitysluokka — *Development class* 2	3	6	7
				Lukumäärä hehtaaria kohden *Number per hectare*			
1. Kainuu — Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine*	Mänty — *Pine*	≤0.5	3 980	6 750	970	1 280
			0.5+[1]	820	1 770	70	250
		Kuusi — *Spruce*	≤0.5	90	50	60	40
			0.5+	10	20	10	10
	Kuusi — *Spruce*	Mänty	≤0.5	120	500	30	90
			0.5+	0	500	10	50
		Kuusi	≤0.5	500	2 000	20	280
			0.5+	0	1 000	10	140
2. Koillis-Suomi —Lappi	Mänty	Mänty	≤0.5	3 350	4 270	880	920
			0.5+	450	880	140	160
		Kuusi	≤0.5	10	10	10	10
			0.5+	0	0	0	0
	Kuusi	Mänty	≤0.5	0	880	10	60
			0.5+	0	250	10	50
		Kuusi	≤0.5	0	1 120	90	110
			0.5+	0	130	60	30

[1]) 0.5—1.3 m.

b. Esiintymisen runsaussuhteet. Mänty- ja kuusitaimet yhteensä.
b. Relative frequency of occurrence. Total for pine and spruce saplings.

Mhl-ryhmä *District group*	Vallitseva puulaji *Dominant tree species*	Kehitysluokka *Development class*	Taimien lukumäärä ha kohden *Number of saplings per hectare*					
			Ei taimia *No saplings*	1000	2000	3000—5000	6000—10000	10000+
			Luokan osuus kehitysluokan metsäpinta-alasta, % *Representation in per cent of forest area of each development class*					
1. Kainuu — Pohjois-Pohjanmaa	Mänty — *Pine*	2	24	12	12	24	14	14
		3	18	9	8	23	23	19
		6	83	3	3	6	2	3
		7	69	8	8	7	5	3
	Kuusi — *Spruce*	2	50	0	13	12	25	—
		3	25	25	—	—	50	—
		6	93	4	1	2	—	—
		7	76	13	6	3	1	1
2. Koillis-Suomi — Lappi	Mänty	2	32	12	13	20	13	10
		3	23	11	9	24	18	15
		6	68	10	6	8	7	1
		7	58	11	8	14	6	3
	Kuusi	2	100	—	—	—	—	—
		3	50	13	6	6	13	12
		6	89	6	1	2	1	1
		7	82	10	6	2	—	—

TUTKIMUS SAHANHAKKEEN LAATUUN, SAANTOON JA KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

OLAVI ISOMÄKI

HELSINKI 1966

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksen toimintaan on alusta lähtien kuulunut myös jätteitä ja sivutuotteita koskeva tutkimustyö, ja tämänlaatuisen laajahkon, tärkeimpiä perusteita selvittelevän tutkimuksen aikaansaaminen oli ensimmäisiä tavoitteita. Metsäntutkimuslaitoksen myönnettyä pienpuuvaroista tutkimukseen apurahan saatiin työt käyntiin vuoden 1965 lopulla. Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään tärkeimmän sivutuoteryhmän, hakkeen, saantoon, laatuun ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä kiinnittämällä huomiota erikoisesti hakkureihin ja teriin. Lisäksi selviteltiin käyttötarkoitusten asettamia laatuvaatimuksia.

Kyselyaineiston keruussa on avustanut tekn. Lauri Holli, ja käytännön kokeet on suorittanut sahatekn. Pertti Husgafvel, joille parhaat kiitokset hyvin suoritetusta työstä. Lisäksi ovat neuvoilla ja tuloksia tarkastamalla tässä tutkimuksessa avustaneet mm. prof. Paavo Aro, prof. Veijo Heiskanen, tri Olli Makkonen ja tri Pentti Hakkila, joille lausun parhaat kiitokseni ja luonnollisesti metsäntutkimuslaitokselle tutkimuksen taloudellisesta tuesta.

Helsingissä, 30. 9. 1966

Olavi Isomäki

TUTKIMUS SAHANHAKKEEN LAATUUN, SAANTOON JA KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Sivu

1. Johdanto ... 5
2. Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin ... 6
3. Tutkimuksen menetelmät ja aineisto ... 8
   31. Kyselytutkimus ... 8
   32. Lastutuskokeet ... 9
4. Tutkimustulokset ... 10
   41. Hakkeen laatuvaatimukset ... 10
   42. Hakkeen saanto ... 12
      421. Hakkeen teoreettinen saanto ... 12
      422. Hakkeen saanto kyselyn mukaan ... 13
         4221. Hakesaannon vaihtelu vuodenajoittain ... 13
         4222. Sahalaitoksen koosta aiheutuva hakesaannon vaihtelu ... 13
         4223. Kuorinnan vaikutus hakkeen saantoon ... 14
      423. Vertailu teoreettisen ja keskimääräisen saannon välillä ... 15
   43. Tiedot markkinoilla olevista hakelaitteista ... 15
      Valmistajien antamat tiedot ... 15
      432. Kyselytutkimuksessa saadut tiedot ... 15
         4321. Kuorimakoneet ... 15
         4322. Hakkurit ... 16
         4323. Hakkurien terät ... 17
         4324. Seulat ... 18
   44. Hakkurikokeitten tulokset ... 19
      441. Hakkeen laatu ... 19
         4411. Silmämääräinen arvostelu ... 19
         4412. Koeseulontatulokset ... 20
         4413. Tikku- ja purumäärät ja tikkujakeen laatu ... 20
      442. Hakkeen saanto ... 20
      443. Hakkeen tiheyteen vaikuttavat tekijät ... 22
      444. Seulan vaikutus saantoon ja laatuun ... 22
      445. Energiantarve ... 24
      446. Hakelaitteiden kokonaisvertailu ... 24
   45. Kustannustutkimuksen tulokset ... 26
      451. Jako valmistus- ja käsittelyvaiheisiin ... 26
      452. Työkustannukset ... 27
      453. Energiakustannukset ... 29
      454. Huolto- ja korjauskustannukset ... 30
      455. Pääomakustannukset ... 30
      456. Kokonaiskustannukset ... 31
5. Tulosten luotettavuudesta ... 33
6. Näkökohtia tulosten soveltamisesta käytäntöön ... 35
7. Tiivistelmä ... 37

Kirjallisuusluettelo ... 38

Liitetaulukot ... 42

Liitepiirrokset ... 53

1. JOHDANTO

Sahauksessa syntyvien jätteiden määriä ja erikoisesti niihin vaikuttavia tekijöitä koskevia tutkimuksia ei meillä ole julkaistu montakaan (vrt. Siimes (24). Julkaistut tutkimukset ovat yleensä käsitelleet koko maassa syntyviä sahausjätteiden määriä, mutta eivät tuoteyksikköä kohti laskettuina. Tällaisista tutkimuksista on mainittava Salon (23) ja Rinkisen (21) työt. Käsittelyn ja sivutuotteiden valmistuksen kustannuksiin on erillisinä osatapauksina jonkin verran kiinnitetty huomiota. Taipale (25), Pöyry (18), Tunkkari (26), Isomäki (8) ja Heiskanen (3, 4) ovat esittäneet tietoja eräistä osavaiheista sekä Salminen (22) kokonaislaskelman selluloosahakkeen valmistuskustannuksista. Useat tutkimustulokset ovat syntyneet varsinaista sahatavaraa koskevien tutkimusten yhteydessä ja silloin jääneet vaille riittävää huomiota. Koska kuitenkin jätteiksi jää n. 45 % raaka-aineesta, on aiheellista kiinnittää huomiota myös erikseen tähän ja erikoisesti tämän määrän jalostamiseen. Hakkeen käytön asettamiin laatuvaatimuksiin oli myös kiinnitettävä huomiota, koska siitä oli aikaisemmin esitetty vain muutamia tietoja, mm. Laanti (14), Alm et.al. (1) ja Rautio (19). Laatu on myös olennainen tekijä hakkeen arvoa laskettaessa.

Liiallisen laajuuden ehkäisemiseksi rajoituttiin lopullisessa tutkimuksessa ainoastaan hakkeeseen, jonka osalta pyrittiin selvittämään seuraavat seikat:

- laatuvaatimukset
- teoreettinen saanto
- saanto sahatavarastandarttia kohti
  - sahalaitoskoon mukaan
  - vuodenaikojen mukaan
  - tukkikoon mukaan
- keskimääräinen laatu
- koneiden, erikoisesti hakkureiden vaikutus saantoon ja laatuun, kuten
  - palakokoon ja muotoon
  - seulontajakautumaan
  - tiheyteen
- lastutuksen energiatarve
- hakkeen tekoon liittyvät kustannukset

2. KATSAUS AIKAISEMPIIN TUTKIMUKSIIN

Sahausjätteiden määristä koesahausten yhteydessä ovat esittäneet tietoja Siimes (24) ja Juvonen (12). Näitä tuloksia käytetään tämän tutkimuksen teoreettisessa osassa. Jätemäärät on esitetty prosentteina todellisesta raaka-ainemäärästä. Tiedot on esitetty liitetaulukossa n:o 1 sivulla 00 5″, 6″, 7″, 7½″, 8½″ ja 9″ tukkien sahauksesta. Siimes on myös esittänyt pinnoista, rimoista ja tasauspätkistä saatavan hakkeen määrän olevan keskikokoisella tukilla (7″ × 18′) 5.8 i—m³/std. Hakemäärään vaikuttaviksi tekijöiksi Siimes esittää raaka-ainekulutuksen tekn. j³/std sekä todellisen ja teknillisen kuutiomäärän suhteen eli latvamuotoluvun. Hakkeen kokonaismäärään ei hänen mukaansa tukkikoko vaikuta juuri ollenkaan. Mekaaninen Puuteollisuus (16) teoksen mukaan vaihtelee sahoilla selluloosahakkeen saanto 4.0—7.0 i—m³/std.

Hakkeen tiheydeksi esittää Siimes 0.38 ja laadun riippuvan olennaisesti lastukoosta ja kokojakaantumasta. Hakkeen laatuun vaikuttavista tekijöistä ja siitä, millaisia niiden tulisi olla, esittää Mekaaninen Puuteollisuus mm. seuraavaa: (sivu 253)

— teräkulma (mahdollisimman pieni)
— päästökulma
— leikko, joka määrää lastupituuden
— lastuvälin oltava suurempi kuin leikko
— terän ja vastaterän välin oltava mahdollisimman pieni
— syötettävän puun määrä, jonka olisi oltava mahdollisimman suuri
— puun kovuus, jolloin pehmeä puu antaa pitempää ja tasaisempaa haketta

Murto ja Kivimaa (17) ovat esittäneet seuraavat tulokset koelastutuksista:

— hienomurskemäärä on pienin 30 % kosteudessa
— jäätyneellä puulla lastutustyö 10 % suurempi kuin sulalla
— jäätyneellä puulla hienomurskemäärä suurempi kuin sulalla
— pieni teräkulma aiheuttaa ohuen lastun ja vähän hienomursketta

— leikkuukulman pienentäminen ohentaa lastua, pienentää 30° kulmaan saakka lastutustyötä ja pienentää hienomurskemäärää
— terän tylsyminen ohentaa lastua, lisää työmäärää ja hienomursketta.

Sahahakkeen laadusta ja laatuvaatimuksista on R a u t i o (19) esittänyt seuraavia tietoja: Sahanhake pakkautuu keittokattilassa paremmin, alkalikulutus on pienempi ja saanto n. 1 % suurempi, kuin tavallisella paperipuuhakkeella. Katkeamispituus ja puhkaisupinta ovat sahanhakkeesta tehdyllä massalla huonommat kuin pöllilastusta tehdyllä, mutta repeämispinta parempi. Tärkeimmät laatutekijät ovat:

— kuiva-ainepitoisuus
— lastun pituus, paksuus, tikku- ja puruosuuden määrä
— kuori- ja likapitoisuus.

Sopiva lastupituus on hänen mukaansa sulfaattikeitossa 20 mm ja paksuus 2—5 mm.

Selluloosahakkeen valmistuskustannukset esittää S a l m i s e n (22) laskelma seuraaviksi (VK-26 kuorimo):

Sahaus std/v.	200	400	600	800	1000	1500	2000	3000
Kokonaiskustannukset mk/i—m³ ..	17.84	9.89	7.23	5.90	5.11	4.32	3.52	2.99

3. TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA AINEISTO

31. Kyselytutkimus

Sahanhakkeelle asetettavien laatuvaatimuksien selvittämiseksi tutkimuksen pohjaksi lähetettiin kaikille maan selluloosa- ja kuitulevytehtaille asiaa koskeva kyselykaavake, jossa pyydettiin ilmoittamaan:

1. Tehtaalle parhaiten soveltuvan sahanhakkeen palakoko: pituus, paksuus ja leveys
2. Tehtaalle parhaiten soveltuva jakaantuma seuraaviin eri seulontafraktioihin: 0—6 mm, 6—13 mm, 13—19 mm, 19—25 mm, 25—32 mm, yli 32 mm

Kyselyyn saatiin 18 vastausta, joista edusti sulfaattitehtaita 10, sulfiittitehtaita 4, hiomoita (lastuhioke) 1, puoliselluloosatehtaita 1 ja kuitulevytehtaita 2.

Sahahakkeen saannon ja laadun selvittämiseksi suoritettiin sahoille kysely, jossa tiedusteltiin 1. 1. — 30. 9. 1965 välisenä aikana kuukausittain sahattua määrää, käyttösuhdetta, tukin keskikokoa, hakemäärää, purumäärää, kuorimäärää ja lisäksi valmistuskoneita, raaka-aineen ja hakkeen mittauspaikkaa ja hakkeen laatua. Vastaukset saatiin 58 sahalaitokselta, joista 48 vastausta voitiin riittävän tarkkoina hyväksyä. Sahalaitosten sahausmäärät tammi—syyskuussa 1965 ja jätteiden käyttötapa selviävät seuraavasta asetelmasta:

Jätteiden käyttötapa	Sahoja kpl	Keskim. sahaus I—IX/1965 std
Selluloosahakkeeksi	34	4.143
Kuorelliseksi hakkeeksi	12	1.383
Rimoina	2	0.525

Selluloosahakkeen valmistajat on tuloksissa jaoteltu eri tuotantoluokkiin seuraavan asetelman mukaan:

Sahaus I—IX/1965 std	Sahoja kpl
— 999	4
1 000 — 1 999	9
2 000 — 2 999	8
3 000 — 4 999	5
5 000 — 9 999	6
10 000 —	2

Kustannusten selvittämiseksi oli edellä mainittuun sahoille lähetettyyn kyselyyn liitetty niitä koskeva osa. Koska kustannuslaskenta hoidetaan sahoilla yleensä heikosti, aiotun laajuiseen kustannusten erittelyyn ei päästy. Parhaiten saatiin esille eri vaiheisiin kuluneiden työtuntien määrä. Työpalkkakustannukset on laskettu näiden perusteella käyttäen tilastoista saatuja keskituntiansioita palkkaperusteina. Energiakustannukset on laskettu keskimääräisten kuormitusten ja pääomakustannukset koneiden yleisten hankintahintojen perusteella. Huolto-, varaosa- ja korjauskustannukset on laskettu kyselyaineiston mukaan.

32. Lastutuskokeet

Saantoa ja laatua selvittelevään osaan sisältyvät lastutuskokeet kahdeksalla eri hakkurimerkillä, jotka olivat seuraavat:

Ari FLM 3
Bruks 1200 M
Karhula 1200/2
Karhula S 2000/4
Kotka 50
Pirkka 1200 S
Pirkka 1400 S
Söderhamn 711—60 A

Näissä kokeissa hakattiin kullakin hakkurilla n. 0.2 $,,^3$ hakemäärä sekä terävillä että tylsillä terillä, jotka kaikki olivat Kone ja Terä Oy:n tekemiä Böhler Spezial K8 aineesta. Hakkeesta otettiin näytteet, jotka seulottiin Keskuslaboratorio Oy:ssä. Hakkeen tiheys mitattiin laatikossa, jonka koko oli 50 cm × 50 cm × 80 cm = 0.2 m^3. Laatikko täytettiin lapioimalla tai muulla vastaavalla tavalla mitenkään sullomatta. Laatikon päälle asetettiin verkko ja pieni paino ja laatikkoon kaadettiin vettä niin paljon, kuin sinne sopi. Vesimäärä mitattiin punnitsemalla. Koska hake oli hyvin kosteata (80—120 %), ei se lyhyessä ajassa imenyt mainittavasti vettä. Toisaalta hakepalasten pintaan saattoi jäädä ilmakuplia. Nämä virheet vaikuttavat vastakkaisiin suuntiin. Tiheysmittaukset tarkistettiin kosteus- ja kuivapainomittausten avulla.

Hakkurikokeessa mitattiin energiankulutus Ekonon kWh-mittarilla. Lisäksi suoritettiin kolmas lastutus, jossa pyrittiin selvittämään hakkurin maksimiteho.

Koeaineistoon on vertailun vuoksi otettu myös Siimeksen (24) ja Juvosen (12) esittämät tulokset koesahauksien jätemääristä ja laskettu näiden perusteella teoreettiset hakesaannot.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Hakkeen laatuvaatimukset

Sahanhakkeen laadun määrää lähinnä palakoko ja tasapalaisuus. Nykyisillä kuorimakoneilla päästään helposti niin suureen puhtauteen, ettei kuori muodosta enää olennaista laatutekijää. Nykyiset laatuvaatimukset määrittelevät, että hakkeesta on 95 % oltava 6—32 mm:n palapituutta ja että kuoripitoisuus ei saa ylittää 1 %. Tarkemmat vaatimukset palakoon osalta selvitettiin selluloosatehtaille lähetetyllä kyselyllä. Tulokset selviävät seuraavista taulukoista.

Taulukko 1. Hakkeen ihannemitat sulfaattiselluloosateollisuudessa
Table 1. Ideal chip dimensions for the manufacture of sulphate pulp.

Ulottuvuus *Dimension*	Tehdas — *Pulpmill*										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	keskiarvo *On an average*
Pituus, mm — Length, mm	25	20	18	20	20	20	18—20	18	20	18—24	20.1
Paksuus, mm — Thickness mm	4	3	3	5	3	2—5	2—3	3—4	4	3—5	3.5
Leveys, mm — Breadth, mm	22	20	15	20	15	..	10—15	20	20	15—20	17.5

Taulukko 2. Hakkeen ihannemitat sulfiittiselluloosateollisuudessa.
Table 2. Ideal chip dimensions for the manufacture of sulphite pulp.

Ulottuvuus *Dimension*	Tehdas — *Pulpmill*				
	1	2	3	4	Keskiarvo *On an average*
Pituus, mm — Length, mm ...	19	25	25	17—19	21.0
Paksuus, mm — Thickness, mm	4	6	5	4—7	5.2
Leveys, mm — Breadth, mm ..	24	..	20	10—25	19.8

Taulukko 3. Hakkeen ihannemitat kuitulevytehtailla.
Table 3. Ideal chip dimensions for the manufacture of fibre boards.

Ulottuvuus *Dimension*	Tehdas — *Factory*		
	1	2	Keskiarvo *On an average*
Pituus, mm — Length, mm	22—30	12—28	21.0
Paksuus, mm — Thickness, mm	3—7	6	5.5
Leveys, mm — Breadth, mm	12—30	6—18	16.5

Sahanhakkeen käyttöä lastuhiokkeen raaka-aineena suunnitteleva tehdas ilmoitti seuraavat optimimitat: pituus 12—20 mm, paksuus 4—6 m ja leveys 10—15 mm. Lehtipuusahanhakkeen käytön mahdolliseksi ilmoittava tehdas antoi seuraavat mitat: pituus 15 mm, paksuus 3 mm ja leveys 25 mm.

Koska hake ei käytännössä koskaan sisällä vain yhtä pituutta, vaikuttaa jakaantuminen eri pituusryhmiin hakkeen arvoon. Pituusryhmät ovat nykyisin vakiintuneet seuraaviksi: 0—6 mm, 6—13 mm, 13—19 mm, 19—25 mm, 25—32 mm ja yli 32 mm. Edellä mainitussa kyselyssä tiedusteltiin myös halutuinta kokojakaantumaa. Useat tehtaat mainitsivat vastauksessa, että halutuinta oli pinotavarahaketta vastaava sahanhake. Tulokset selluloosatehtaitten kohdalta on esitetty seuraavissa taulukoissa 4 ja 5. Taulukossa 4 on keskiarvoja laskettaessa jätetty tehtaat 1 ja 9 huomioimatta ja tehtaitten 4, 6 ja 7 ilmoittamat yhteisprosentit on jaettu tasan ao. jakeille.

Sahalaitoksille lähetetyssä kyselykaavakkeessa tiedusteltiin, kuinka monta prosenttia hakkeesta oli ostajien koeseulontaraporttien mukaan 6—32 mm pituista. 26 sahalaitosta antoi tähän kohtaan vastauksen. Arvot

Taulukko 4. Haluttu pituusjakaantuma (%) sulfaattiselluloosatehtailla
Table 4. Ideal distribution (per cents) of the length of chips for the manufacture of sulphate pulp

Pituus mm *Length, mm*	Tehdas — *Pulpmill*										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	keskiarvo *Mean*
0 — 6	0	1.5	0	3	2	1	5	2	0	0.5	1.9
6 — 13	0	7.5	20		10	16		22	0	6.5	17.0
13 — 19	19—25	40	40	95	30	65	90	32	0	80.0	38.5
19 — 25	mahd. suuri	40	30		40			28	100	10.0	29.3
25 — 32	19—25	8.5	10		15	17	5	16	0	3.0	12.3
yli 32	0	2.5	0	2	3	1	0	0	0	0.0	1.0

Taulukko 5. Haluttu pituusjakaantuma (%) sulfiittiselluloosatehtailla.
Table 5. Ideal distribution (per cents) of the length of chips for the manufacture of sulphite pulp

Pituus mm *Length, mm*	Tehdas — *Pulpmill*				
	1	2	3	4	keskiarvo *Mean*
0 — 6	0	3	0	1	1.0
6 — 13	20	10	10	17	14.3
13 — 19	35	30	20	60	36.2
19 — 25	30	30	50	17	31.8
25 — 32	15	22	20	4	15.2
yli 32	0	5	0	1	1.5

vaihtelivat 90 % ja 99 %:n välillä keskiarvon ollessa 96 %. Nykyisten toimitussopimusten mukaan pitää olla tällä välillä 95 paino-% koko hakemäärästä ja ostajatehtaitten ilmoittamien edellä olevien tietojen mukaan halutuimmalla hakkeella pitäisi tämä luku olla 97 %.

42. Hakkeen saanto

421. Hakkeen teoreettinen saanto

Siimeksen (24) ja Juvosen (12) aineistosta saatiin liitetaulukon n:o 1 mukainen yhteenveto tärkeimpien tekijöitten osalta. Taulukkoon on lisäksi otettu mukaan Tapion Taskukirjan (27) taulukon 59 mukaan lasketut latvamuotolukukertoimet. Koska nämä aineistot erosivat erityisesti latvamuotoluvun osalta huomattavasti, laadittiin lähinnä Juvosen aineistoon perustuen oma laskentaperustetaulukko (liitetaulukko n:o 2). Koska jätteiden määrään vaikuttavat useat toisistaan riippuvat tekijät ja latvamuotoluvun kohdalla Tapion Taskukirjan luvut lienevät luotettavampia keskiarvoja, oli pakko tämän mukaan tehdä korjattu perustetaulukko. Tämän käsikirjoituksen valmistuttua on painosta ilmestynyt metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 61.7, joka sisältää uudet Aron ja Rikkosen laatimat latvamuotolukutaulukot.

Laskentaperusteiden mukaan laadittiin keskimääräiset raaka-ainetaseet vastaaville tukkiko'oille eri käyttösuhteilla, jotka olivat taulukossa esitetyn keskiarvon molemmin puolin. Tämä taulukko on selostuksen liitteenä n:o 3. Laskelmissa tehtiin seuraavat yksinkertaistukset: 1) raaka-ainekulutuksen muutosten katsottiin kokonaisuudessaan menneen jätemäärien lisäykseen tai vähennykseen tai ylimittaan taulukossa esitettyjen prosenttilukujen mukaan, 2) sahatavarastandartin (ilman ylimittaa ja kuivausvaraa) oletettiin aina sisältävän 165 j^3, vaikka sen todellinen sisältö vajaasärmälaaduissa voi olla huomattavastikin alle 165 j^3, 3) hakemääriä laskettaessa oletettiin hakkeen tiheydeksi 0.38.

Edellä esitettyjen raaka-ainetaseiden perusteella on piirretty liitepiirroksessa n:o 1 olevat hakemääriä tukin kuutiosisällön ja kuutiojalkakulutuksen funktioina osoittavat käyrät.

Sahalaitosten mittauksissa ei kuitenkaan yleensä tule esiin tukin todellinen latvaläpimitta, koska käytetään alenevaa luokitusta. Esim. sahauksessa tuumaluokkaan 6″ kuuluvat yleensä kaikki välillä 6″—6½″ olevat tukit, jopa jonkin verran yli 6½″ olevia tukkeja, kuten mm. liitetaulukosta n:o 1 ilmenee. Tästä syystä hakesaanto näiden nimelliskokojen mukaan on suurempi, kuin jos sahattaisiin todella asianomaisen keskikoon mukaisia tukkeja. Liitepiirroksessa n:o 2 on hakesaantokäyrät piirretty todellisen koon mukaan laskettuina.

Taulukko 6. Hakesaanto kuukausittain i—m³/std.
Table 6. Monthly chip yield, loose cu.m/std.

		Selluloosahake *Chips for pulp manufacture*		Kuorellinen hake *Chips incl. bark*
	Kuukausi — *Month*	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$
I	Tammikuu — January	5.0	1.14	5.3
II	Helmikuu — February	4.9	1.02	4.5
III	Maaliskuu — March	5.0	0.74	4.4
IV	Huhtikuu — April	5.2	0.85	4.8
V	Toukokuu — May	5.6	1.27	4.9
VI	Kesäkuu — June	5.4	1.39	5.2
VII	Heinäkuu — July	5.5	1.10	5.4
VIII	Elokuu — August	5.6	1.21	6.3
IX	Syyskuu — September	5.4	1.12	4.9
	Keskiarvo — Mean	5.3	0.82	5.1
	I, II, III keskiarvo — I, II, III on an average	5.0		4.7
	V, VI, VII keskiarvo—V, VI, VII on an average	5.5		5.2
	Raaka-aineen kulutus j³/std — Consumption of raw material, cu.ft/std.	226		221
	Tukin keskikuutio j³/kpl — Mean volume of logs, cu.ft.	4.4		4.1

422. Hakkeen saanto kyselyn mukaan

4221. Hakesaannon vaihtelu vuodenajoittain

Kyselyaineiston perusteella laskettiin 21 sahan selluloosahakesaanto kuukausittain tammi—syyskuun välisenä aikana ja 7 sahan kuorellisen hakkeen saanto samana aikana. Taulukosta 6 näkyy, että talvikuukausina puun ollessa jäässä on hakesaanto selvästi pienempi kuin kesäaikana sulaa puuta lastutettaessa. Syynä on ilmeisesti jäätyneen puun vaikeampi lastutettavuus tasalaatuiseksi hakkeeksi (vrt. Murto et.al. 17).

4222. Sahalaitoksen koosta aiheutuva hakesaannon vaihtelu

Koska alustavassa tarkastuksessa havaittiin tuloksissa olevan vaihtelua erikokoisten sahalaitosten välillä, suoritettiin tarkempi ryhmittely ja laskenta eri sahausmääräryhmissä. Tulosten vertailua vaikeuttaa saantoon vaikuttavien tekijöiden vaihtelu. Saannon sekä raaka-aineen kulutuksen ja tukin keskikoon keskiarvot ja keskihajonta ilmenevät seuraavasta taulukosta:

Edelliseen taulukkoon on laskettu myös erikseen keskiarvot niiltä sahalaitoksilta, joiden raaka-aineen kulutusluvut perustuvat erilliseen sahalla suoritettuun mittaukseen ja erikseen niiden, jotka mittaavat raaka-aineen ainoastaan metsässä.

Taulukko 7. Hakesaanto erikokoisilla sahalaitoksilla.
Table 7. Chip yield at sawmills of various size.

Sahausmäärä std/I—IX 65 Volume sawn, std/I—IX, 65	Vast. lukumäärä *Number of replies to enquiry*	Raaka-aineen kulutus j³/std *Consumption of raw material, cu.ft/std.*		Tukin keskikoko j³ *Average log size, cv.ft.*		Hakesaanto i—m³/std *Chip yield, loose cu.m/std.*	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
— 999 std	4	227	4.86	4.3	0.17	5.3	0.63
1 000 — 1 999 »	9	221	7.36	4.2	0.52	4.7	0.46
2 000 — 2 999 »	8	224	1.15	4.4	0.58	4.8	0.30
3 000 — 4 999 »	5	225	5.43	4.4	0.49	5.1	0.97
5 000 — 9 999 »	6	234	7.20	4.9	0.54	5.9	0.66
10 000 — »	2	233	3.00	5.1	0.25	6.2	0.40
Aritmeettinen keskiarvo — Arithmetical mean		226		4.4		5.1	
Painotettu keskiarvo — weighted mean		230		4.8		6.0	
Sahoilla, jotka mittaavat raaka-aineen sahalla — for sawmills which measure the raw material at the mill	(14)	229		4.8		5.6	
Sahoilla, jotka mittaavat raaka-aineen metsässä — For sawmills which measure the raw material in the forest	(20)	224		4.2		4.8	

4223. Kuorinnan vaikutus hakkeen saantoon

Kuorellisen hakkeen saantoa koskevat tiedot saatiin yhteensä 12 sahalaitokselta, joiden keskimääräinen sahaus tammi—syyskuussa 1965 oli 1383 std. Hakesaannon aritmeettinen keskiarvo oli 5.5 i-m³/std ja sahausmäärillä painotettu saanto 5.6 i-m³/std. Keskimääräinen raaka-aineen kulutus oli 220 j³/std ja tukin keskikoko 4.0 j³/std. Otettaessa selluloosahaketta valmistavien sahalaitosten ryhmästä 1000—1999 std tuotantoryhmä, vastaavat hakkeen saantoon vaikuttavat raaka-ainekulutus ja tukin keskikoko suunnilleen edellä mainittuja ja saadaan seuraava hakesaannon vertailu.

	Hakesaanto i—m³/std	Raaka-aineen kulutus j³/std	Tukin keskikoko j³/kpl
Selluloosahake	4.7	221	4.2
Kuorellinen hake	5.5	220	4.0

Kuorellista haketta saadaan siis n. 0.8 i—m³ enemmän kuin selluloosahaketta. Teoreettinen ero keskimääräisen 11 % kuorimäärän perusteella pitäisi olla n. 2—2.3 i—m³/std. Saman verran on suunnilleen saatu tukkien kuorinnassa kuorta. Kuorellisen hakkeen tiheys on kuitenkin suurempi (0.40—0.42) ja lisäksi osa kuoresta tippuu kuljettimille ja joutuu purun joukkoon, joten kuorellisen hakkeen määrän teoreettista paljon pienempi lisäys on ymmärrettävää.

Taulukko 8. Todellisen ja teoreettisen hakesaannon vertailu.
Table 8. Comparison of the real and theoretical chip yield.

Sahausmäärät std/9 kk *Volume sawn, std/9 month*	Hakesaanto i—m³/std *Chip yield, loose cu.m/std.*		
	Keskimääräinen *Average*	Teoreettinen *Theoretical*	Erotus *Difference*
— 999 std	5.3	5.3	0
1 000 — 1 999 »	4.7	4.9	—0.2
2 000 — 2 999 »	4.8	4.9	—0.2
3 000 — 4 999 »	5.1	5.1	0
5 000 — 9 999 »	5.9	5.6	+0.3
10 000 — »	6.2	5.4	+0.8
Aritmeettinen keskiarvo — arithmetical mean	5.1	5.1	0
Punnittu keskiarvo — Weighted mean	6.0	5.3	+0.7

42.3 Vertailu teoreettisen ja keskimääräisen saannon välillä

Tutkimuksessa määriteltiin myös aikaisemmin esitetyn koesahausaineiston perusteella matemaattisesti lasketut teoreettiset hakemäärät eri sahakokoluokissa ja verrattiin niitä keskimääräiseen saantoon. Lukuihin on kuitenkin suhtauduttava varauksin lähinnä hakkeen tiheysvaihteluiden ja vajaasärmätavaroiden aiheuttamien virhemahdollisuuksien perusteella.

43. Tiedot markkinoilla olevista hakelaitteista

431. Valmistajien antamat tiedot

Liitetaulukkoon n:o 4 on valmistajien antamien tietojen ja esittelylehtisten perusteella kerätty tärkeimmät tiedot yleisimmistä sahalaitoksille soveltuvista hakkureista. Hakkurit esitetään siinä suunnilleen nousevan hakkuutehon mukaisessa järjestyksessä. Kaikki tiedot esitetään valmistajien mukaan tarkistamattomina. Ulkolaisten koneiden hinnat on yleensä laskettu ulkomaan valuuttamääräisten hintojen mukaan. Taulukossa on leikkuukulmaksi otettu syöttökoneen keskiviivan ja teräpyörän tason välinen kulma.

Tiedot yleisimmistä markkinoilla olevista seuloista ja kuorimakoneista on esitetty liitetaulukossa 5 ja 6.

432. Kyselytutkimuksessa saadut tiedot

4321. Kuorimakoneet

Kyselyaineistoon sisältyvistä 58 sahalaitoksesta 44:llä oli kuorimakone. Ne jakaantuivat merkeittäin seuraavasti:

Taulukko 9. Kuorimakoneiden terien teroitusvälit.
Table 9. Time intervals between sharpening of cutters of barking machine.

Kuorimakone *Barking machine*	Terän valmistaja *Manufacturer of cutter*	Teroitusväli, tuntia *Interval between sharpening, hours*	Kuorittu määrä, j^3 *Volume barked, cu.ft.*	Käyttäjiä, kpl *Number of users*
VK-26	Valon Kone	52	17 720	12
Cambio	Rauma-Repola Oy	229	88 409	15
»	Söderhamn	300	475 200	3
»	Muut — Others	106	67 083	6

VK-26	16	kpl
Cambio 66	15	»
Cambio 54	10	»
Andersson	1	»
Mira	1	»
VAP	1	»

Cambio-kuorimakoneet olivat 30. 9. 1965 mennessä olleet käytössä keskimäärin 5.5 vuotta ja VK-26-koneet 1.8 vuotta. Kuorimakoneiden terien keskimääräiset teroitusvälit ja teroitusvälin aikana kuoritut puumäärät olivat seuraavat:

4322. Hakkurit

Aineistoon sisältyvillä sahoilla oli käytössään seuraavia hakkureita:

Ari FLM 3	2	kpl
Bruks 1200 M	2	»
CHEJ	1	»
Hake M 7	8	»
Karhula 1200/2	5	»
Karhula S 1600	2	»
Karhula S 2000	7	»
Karhula 2400	1	»
Karhula (tyyppi tuntematon)	2	»
KMW	2	»
Kotka 50	9	»
Ottersland	2	»
Pirkka H 102	1	»
Pirkka 1200	1	»
Pirkka 1200 S	1	»
Rauma-Repola 53/IL	1	»
Söderhamn 711-60A	1	»
Söderhamn (tyyppi tuntematon)	4	»
	Yhteensä 56	kpl

Hakkureiden nimelliset tuntitehot ja todelliset lastutetut hakemäärät jakaantuivat sahalaitoskoottain taulukon 10 mukaan.

Taulukko 10. Hakkureiden nimellistehon ja todellisen lastutusmäärän vertailu.
Table 10. Comparison of the nominal effect of chipping machines and the real volume chipped.

Sahaus tammi—syyskuussa 1965, std *Volume sawn in January—September 1965 std.*	Hakkurin nimellisteho, i—m³/h *Nominal effect of chipping machine loose cu.m/hr*	Todellinen hakemäärä *Real volume of chips*		Vastaajia, kpl *Number of replies to enquiry*
		i—m³/h *loose cu.m/hr*	% hakkurin nim.tehosta *per cent of the nominal effect*	
— 999	27	3.7	14	4
1 000 — 1 999	34	5.6	15	8
2 000 — 2 999	47	8.6	18	6
3 000 — 4 999	63	14.3	23	6
5 000 — 9 999	71	18.6	26	6
10 000 —	100	29.0	29	2

4323. Hakkureiden terät

Koska nimenomaan hakkurien terillä on suuri vaikutus hakkeen saantoon ja laatuun, kiinnitettiin niihin erityistä huomiota. Terien valmistajien mukaan jakaantuivat terien käyttö, keskimääräinen teroitusväli ja sinä aikana hakattu määrä seuraavasti v. 1965:

Näistä Ammuksen teriä on käytetty yksinomaan kuitulevy- ja polttohakehakkureissa. Ainoastaan Terätuote Oy:n terät olivat kyseisenä aikana Böhler Spezial K 8 erikoisterästä. Sillä näkyykin olevan noin 50 % suurempi kestoikä tavallisiin hiiliterästeriin verrattuna.

Terien teroitusvälit, sinä aikana lastutettu hakemäärä ja hakemäärä yhtä terää kohti jakaantuivat eri kokoisilla sahalaitoksilla seuraavan taulukon mukaan.

Taulukko 11. Hakkurinterien teroitusvälit.
Table 11. Time intervals between sharpening of cutters of chipping machines.

Valmistaja *Manufacturer*	Teroitusväli, tuntia *Interval between sharpening, hr*	Hakattu hakemäärä, i—m³ *Volume chipped loose cu.m.*	Käyttäjiä, kpl *Number of users*
Terätuote Oy	21	225	14
Hackman & Co	14	180	11
Kone ja Terä Oy	12	125	8
Ammus	144	552	6
Suomen Sahanterä Oy	17	98	5
Muut	43	346	3

Taulukko 12. Teroitusväli sahalaitoskoon mukaan.
Table 12. Interval between sharpening at sawmills of different size.

Sahalaitoskoko *Size of sawmill*	Teroitusväli, tuntia *Interval between sharpening, hr*	Hakemäärä i—m³ *Volume of chips loose cu.m.*	Hakemäärä i—m³/terä *Volume of chips loose cu.m/cutter*	Vastauksia kpl *Number of replies to enquiry*
— 999	24	88	62	4
1 000 — 1 999	23	128	50	8
2 000 — 2 999	23	198	66	6
3 000 — 4 999	15	215	60	6
5 000 — 9 999	9	173	36	6
10 000 —	6	174	59	2

4324. Seulat

Seulojen käyttö jakaantui merkkien mukaan seuraavasti:

Tähkä	12 kpl
VAP	11 »
Rauma-Repola LS	8 »
CHEJ	3 »
Omatekoisia	2 »
Muita (8 merkkiä)	8 »

Seulojen reikäkoot jakaantuivat puolestaan seuraavasti:

yläseula		alaseula	
45 mm	1 kpl	18 mm	1 kpl
40 »	3 »	15 »	1 »
40/20 »	1 »	10 »	2 »
36 »	1 »	9 »	1 »
35 »	9 »	8 »	4 »
35/32 »	1 »	7 »	9 »
35/30 »	1 »	6 »	14 »
32 »	5 »	5 »	2 »
30 »	7 »	2 »	1 »
30/25 »	1 »		
28 »	1 »		
27 »	2 »		
20 »	1 »		

Yleensä yläseulan reikä on pyöreä ja seulalevy levystä leikattu, kun taas alaseula on yleensä lankaverkkoseula, jossa reiät ovat neliömäisiä. Eräissä tapauksissa yläseulassa on käytetty kahta reikäkokoa. Erikoista huomiota herättää yläseulan reikäkoon suuri vaihtelu. Seulan reikäkoolla on myös ilmeinen vaikutus hakemääriin, mutta tämän tutkimuksen aineisto ei ollut riittävän laaja riippuvuussuhteen selvittämiseen.

44. Hakkurikokeitten tulokset

441. Hakkeen laatu

Hakkurikokeitten tulosten yhteenveto on esitetty liitetaulukossa n:o 7. Siitä ilmenevät kaikki kokeessa mitatut ja niiden perusteella lasketut arvot, kuten lastutettu määrä, puulaji, kosteus, lastutusteho, energiantarve, tiheys ym. vastaavat.

Palakoko tai lähinnä tasapalaisuus määritellään käytännössä poikkeuksetta seulomalla 15 litran näyte 5 minuuttia Williams-koeseulalla. Tämä määrittelee lähinnä suurimman ulottuvuuden eli yleensä pituuden, mutta melko epätarkasti senkin. Myös hakepalasten pienin ulottuvuus eli yleensä paksuus on merkitsevä tekijä, mutta tätä ei tavallinen Williams-koeseula huomioi ollenkaan. Paksuuden suhteen voidaan eri fraktiot eroitella ns. rako- eli tankoseulalla. Myöskin hakkeen silmämääräinen arvostelu sanoo asiantuntijalle melko paljon. Tässä kokeessa hake arvosteltiin ensiksi silmämääräisesti huomioiden tasapalaisuus, hakepalasten muoto ja puhtaus. Keskuslaboratorio Oy suoritti myös normaalin koeseulonnan. Lisäksi tikkujae mitattiin käsin.

4411. Silmämääräinen arviointi

Ari FLM 3:	Hyvin tasapituista, ei pitkiä tikkuja eikä purua. Hake on paksua, säröillyttä ja tyssääntynyttä.
Bruks 1200 M:	Hyvin tasapituista ja ohutta. Erittäin hyvä hake.
Karhula 1200/2:	Hake on paksuhkoa, mutta melko tasapalaista, ei pitkiä tikkuja.
Karhula S2000/4:	Hake on melko ohutta ja tasapituista. Jonkin verran ohuita pitkiä tikkuja. Hyvä hake.
Kotka 50:	Hyvin tasapalaista, hieman paksumpaa kuin Bruks. Hyvä hake.
Pirkka 1200 S:	Isoja tikkuja paljon, melko ohutta haketta. Ilman seulontaa heikkoa haketta.
Pirkka 1400 S:	Samanlaista kuin edellinen.
Soderhamn 711—60A:	Hyvin tasapalaista, ei pitkiä tikkuja, melko ohutta. Hyvä hake.

Silmämääräisesti arvosteltuna tekivät parhainta haketta Bruks 1200 M, Kotka 50, Söderhamn 711—60A ja Karhula S 2000/4. Karhula 1200/2 hake oli muuten hyvää, mutta aivan liian paksua. Vielä paksumpaa oli Arin hake. Pirkka-hakkureiden hakkeessa oli paljon isoja tikkuja.

Neljän ensimmäisen välillä ei ole suurta eroa, eikä kaksi seuraavaakaan jää näistä jälkeen muussa kuin paksuudessa. Pirkka-hakkurien varjopuolena ovat isot tikut. Tylsillä terillä tehty hake on kaikilla heikompaa, mutta hyvällä hakkurilla ero on pienempi kuin huonolla.

4412. Koeseulontatulokset

Keskuslaboratorio Oy:n koeseulontatulokset on esitetty liitetaulukossa n:o 8, erikseen tylsillä ja erikseen terävillä terillä tehdystä hakkeesta. Paras jakaantuma terävillä terillä on Kotka 50 hakkurin hakkeella. Melkein yhtä hyvä on Karhula S 2000/4. Heikoin on Pirkka 1200 S. Tylsillä terillä on saatu selvästi lyhyempää haketta ja myös epätasaisempaa. Paras jakaantuma on edelleen Kotka 50 hakkurin hakkeella, mutta seuraavina ovat Söderhamn 711—60A ja Bruks 1200 M. Heikommat ovat Pirkka ja Ari hakkurien jakaantumat. Kotka-hakkurilla lastutetun jätepuun mukana ei ollut niin paljon pätkiä kuin muilla, joten hake tuli siitäkin syystä hieman parempaa.

4413. Tikku- ja purumäärät ja tikkujakeen laatu

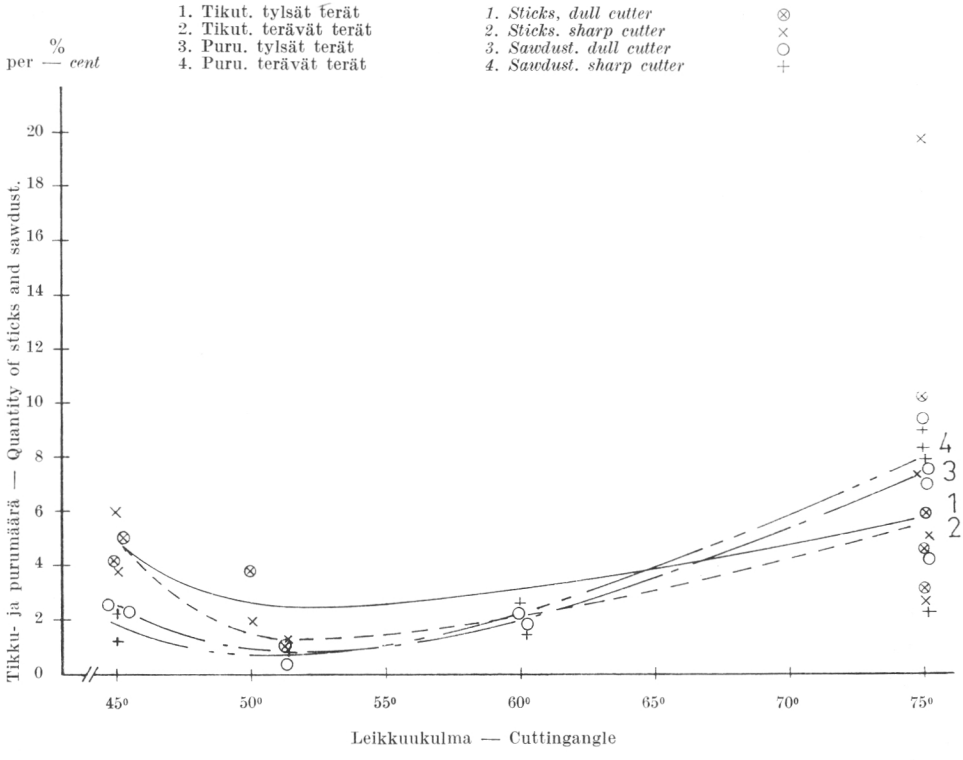
Sahalaitokset seulovat poikkeuksetta hakkeen, ja seulomalla saadaankin laatu paljon paranemaan. Mikäli tikut lastutetaan uudelleen, ei niiden tarkkakaan seulominen suoranaisesti vaikuta määrään. On kuitenkin käytännössä todettu, että tikuista ei enää saada kunnollista haketta. Missä määrin purujakeen erottaminen seulomalla pienentää tilavuusyksikkömääriä, on myös selvittämättä. Tässä tutkimuksessa ei tikkuja lastutettu uudelleen, mutta tikku- ja purujakeeseen kiinnitettiin erityistä huomiota.

Lastutuksessa syntyneet puru- ja tikkumäärät painoprosentteina ilmenevät liitetaulukosta n:o 8. Keskuslaboratorion koeseulonnassa saatu yli 32 mm jae mitattiin myös käsin. Aineiston pienuuden takia on viimemainituilla tuloksilla vain suuntaa antava merkitys. Mittauksissa havaittiin, että paksuinta on Ari-, Karhula 1200/2 ja Pirkka-hakkurien tikkujae ja ohuinta Bruks 1200 M-hakkurin tikkujae. Lyhyintä oli Kotka 50-hakkurin tikkujae, josta yli 60 % oli pituutta 19—32 mm, siis hyväksyttävää haketta. Mittauksissa havaittiin myös, että nykyinen koeseulontamenetelmä on melko epätarkka palapituuden selvittämiskeino, sillä käsinmittauksessa todettiin tikuista eräissä tapauksissa jopa 80 % olevan hyväksyttävää alle 32 mm pituutta.

442. Hakkeen saanto

Hakkeen saantoon sahatavarastandarttia kohti vaikuttavat siis, kuten aikaisemmin on esitetty:

Piirros 1. Tikku- ja purumäärät painoprosentteina leikkuukulman mukaan.
Fig. 1. Quantity of sticks and sawdust in weight per cent according to the angle of cutting.



— sahausmenetelmä (pyörö-, kehä- ym. sahausmenetelmät)
— sahaustapa (läpisahaus, nelisahaus ym.)
— puun koko ja muoto
— vajaasärmäisen sahatavaran määrä
— hakelaitteet

Viimeksi mainitut vaikuttavat sekä hakkeen tiheyteen että kelvollisen keittohakkeen määrään. Lastutuskokeissa kiinnitettiin huomiota vain hakelaitteiden vaikutukseen ja näistäkin pääasiassa hakkurin osuuteen. Hakkeen tiheyden vaikutus saantoon on hyvin voimakas, mutta tämän tutkimuksen puitteissa sitä ei ollut mahdollista selvittää. Tiheyden ja siihen vaikuttavien tekijöiden selvittely tapahtuu käynnissä olevassa jatkotutkimuksessa.

Kelvollisen keittohakkeen ja puru- sekä tikkujakeiden osuudet lastutuskokeissa ilmenevät liitetaulukosta n:o 7. Suurin keittohakkeen osuus on Kotka 50 hakkurin hakkeessa ja seuraavina ovat Karhula 1200/2, Bruks 1200 M ja Söderhamn 711—60A.

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, ei ole selvitetty, missä määrin tikkuja purujakeiden osuus, joka yleensä ilmaistaan painoprosentteina, vaikuttaa hakkeen määrään. Mikäli tikkuja ei lastuteta uudelleen, vaikuttaa tikkujaeosuus irtokuutiometreinä mitattuun hakesaantoon ainakin painoprosenttiosuutensa verran. Purujakeen seulominen eroon ei todennäköisesti vaikuta mitään hakkeen tilavuusmääriin. Piirroksen 1 mukaan tikku- ja purujakeet ovat pienimmillään n. 50° leikkuukulmalla. Piirrosta laadittaessa on jätetty huomioimatta Pirkka-hakkureiden tikkumäärät, koska näissä syöttölaite aiheutti epätavallisen paljon tikkuja ja Karhula S 2000-hakkurin purumäärät, koska huomattavasti muita lyhyempi lastupituus aiheutti epätavallisen korkean purumäärän.

443. Hakkeen tiheyteen vaikuttavat tekijät

Hakkeen tiheys vaikuttaa siis hyvin voimakkaasti hakemääriin. Mitä tiheämpää hake on, sitä pienempi on määrä tilavuusmitalla mitattuna. Tiheyteen ja siis myös määrään vaikuttavat myös mittausolosuhteet. Näissä kokeissa käytetty menetelmä on selostettu sivulla 11. Esimerkiksi 200 l laatikossa ja autokuormassa mitattujen tiheyksien eroksi on Heiskanen todennut n. 20 % (5). Liitetaulukkoon 7 onkin laskettu tämän perusteella myös autokuormatiheydet. Laatikkomittauksessa vaihtelivat tiheydet 0.31 ja 0.37 välillä ja lasketut autokuormatiheydet 0.37 ja 0.44 välillä.

Lastutuskokeissa ei voitu kiinnittää kaikkiin tiheyteen vaikuttaviin tekijöihin huomiota, vaan eri tekijäin vaikutuksen selvittäminen jäi jatkokokeisiin. Tulosten ja myös aikaisempien tutkimusten (mm. Heiskanen 7) perusteella voidaan todeta tiheyteen vaikuttavan ainakin seuraavien tekijöiden:

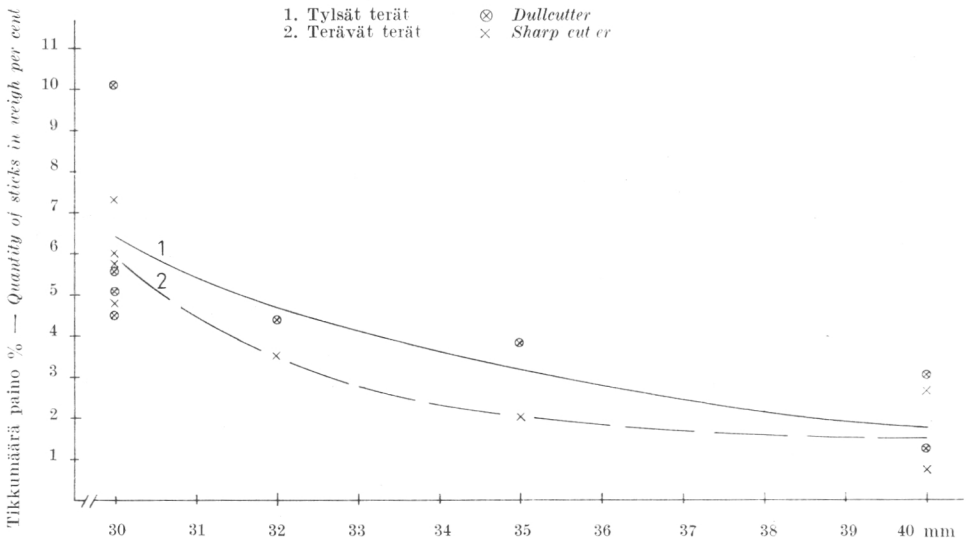
— palakoko ja tasapalaisuus
— lastujen laatu ja muoto

Hakkuri vaikuttaa olennaisesti näihin molempiin. Tässä voidaan kuitenkin todeta, että tulosten perusteella pienin tiheys on Bruks 1200 M-hakkurin hakkeella ja suurin Ari FLM-3 ja Karhula 1200/2 hakkureiden hakkeella. Viimemainituilla on siis pienin saanto. Ero voinee olla samalla lastupituudella jopa 0.05—0.08 eli saantona 0.8—1.2 i—m³/std.

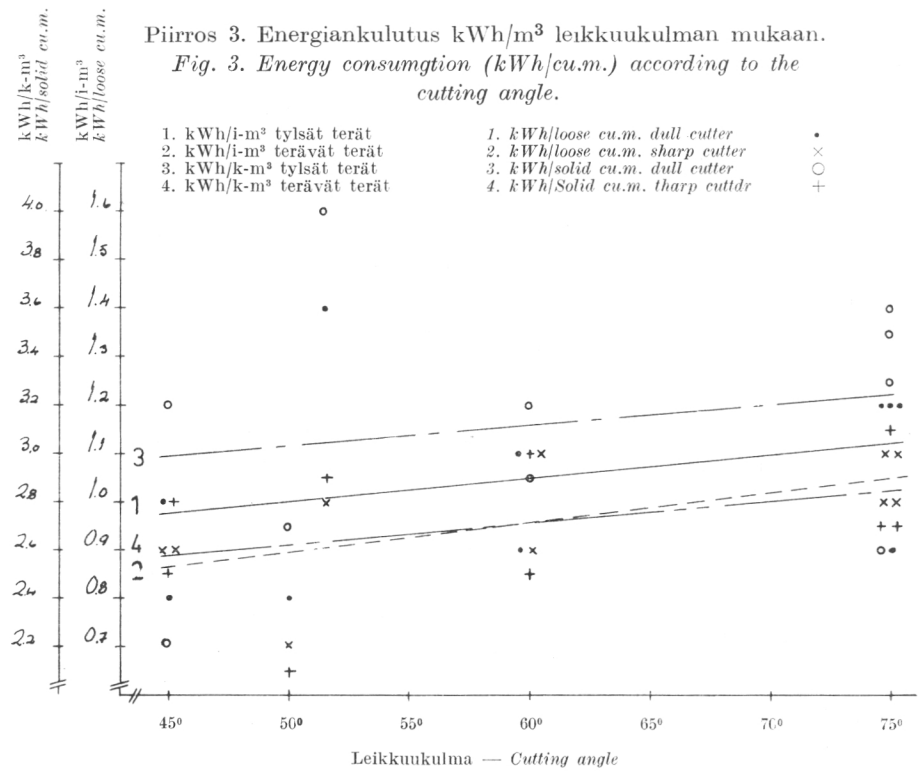
444. Seulan vaikutus saantoon ja laatuun

Yksinomaan seulan vaikutusta saantoon ja laatuun ei voitu tarkoin selvittää, koska ei voitu eri seuloilla seuloa vain yhden hakkurin haketta. Piirroksesta 2 näkyy kuitenkin yläseulan reikäkoon aiheuttama vaikutus

Piirros 2. Tikkumäärä yläseulan reikäkoon mukaan.
Fig. 2. Quantity of sticks per cent according to dimension of hole of overriddles



Piirros 3. Energiankulutus kWh/m³ leikkuukulman mukaan.
Fig. 3. Energy consumgtion (kWh/cu.m.) according to the cutting angle.



tikkumäärään. Mentäessä reikäkoossa alle 35 mm, alkaa tikkujakeen osuus selvästi nousta. Se, missä määrin tämä on vaikuttanut puolestaan varsinaiseen hakkeen laatuun tai määrään, ei ollut tässä tutkimuksessa selvitettävissä.

445. Energian tarve

Kokeissa mitattiin myös hakkurin vaatima energian määrä kWh-mittarilla lastutuksen aikana. Piirroksessa 3 näkyy energian kulutus kilowattitunteina sekä irto- että kiintokuutiometriä kohti.

Yleisenä nyrkkisääntönä on tunnettu, että lastutus vaatii n. 1 kWh/i—m^3. Se näyttää melko tarkoin pitävän paikkansa. Energian tarve kasvaa leikkukulman mukaan, ollen ero 45° ja 75° välillä n. 0.15 kWh/i—m^3. Tylsillä terillä on energian kulutus suurempi kuin terävillä eron ollessa n. 0.10 kWh/i—m^3. Pelkän lastutuksen vaatima työmäärä on M u r r o n et.al. (17) tutkimusten mukaan 650 000—1 000 000 kpm/k—m^3 eli n. 0.7—1.1 kWh/i—m^3.

446. Hakelaitteiden kokonaisvertailu

Hakelaitteiden ominaisuuksiin vaikuttavat hyvin monet tekijät. Tarkan kokonaisvertailun teko on hyvin vaikeata, sillä eri tekijöillä on erilainen painoi laadun osalta tämän koesarjan ja myös aikaisempien kokeiden perusteella voidaan esittää seuraavat tulokset hakkurien osalta:

1. Mitä pienempi leikkuukulma, sitä ohuempi lastu.
2. Mitä pienempi leikkuukulma, sitä pienempi energian tarve.
3. Tikku- ja purumäärät ovat pienimmillään 50° leikkuukulmalla.
4. Ohutlastuisen hakkeen tiheys on pienempi kuin paksulastuisen.
5. Mitä tasakokoisempaa hake on, sitä pienempi on tiheys.
6. Terävillä terillä saadaan parempilaatuinen hake ja energian kulutus on pienempi, mutta tiheys on suurempi ja siis saanto pienempi.

Edellä esitettyjen seikkojen lisäksi vaikuttaa hakkeen laatuun ja saantoon myös hakkureiden syöttölaite. Lastutettavien kappaleiden syöttö on saatava tapahtumaan ohjattuna mahdollisimman lähelle terää. Ns. moniterähakuissa on myös päästy hyviin tuloksiin ilman syttölaitetta. Syöttö tapahtuu ilmeisesti paremmin niissä hakkureissa, joissa syöttökouru muodostaa pystytasossa kulman. Useissa hakkureissa käytettävät lastutettavia kappaleita terän luona paikoillaan pitävät painikkeet eivät saa olla liian raskaita, jotta uudet kappaleet eivät työnnä edessä olevia loppupätkiä poikittain. Hakkurin syöttönopeuden olisi aina vastattava hakkeen palapituutta, jolloin palapituus pysyy tasaisimpana.

Hakkureiden maksimiteho vaikuttaa myös valintaan. Kokeissa pyrittiin myös tämä mittaamaan syöttämällä hakkuriin niin paljon puuta kuin mahdollista. Maksimitehoon vaikuttaa myös lastun pituus, joten tuloksia vertailtaessa on huomioitava lastun pituuserot (liitetaulukko n:o 7).

Ari FLM 3	35	i—m³/h
Bruks 1200 M	25	»
Karhula 1200/2	35	»
Karhula S 2000/4	60	»
Kotka 50	50	»
Pirkka 1200 S	40	»
Söderhamn 711-60A	80	»

Bruks 1200 M hakkurilla moottorin kuormitusrajoitin esti suuremman syötön.

Tämän koesarjan perusteella hakkeen laadun ja saannon mukaan arvostellen olivat tutkituista hakkureista parhaita Bruks 1200 M, Söderhamn 711-60 A, Karhula S 2000/4 ja Kotka 50 hakkurit. Kotka 50 hakkurin melkeinpä ainoana varjopuolena oli aivan liian kapea syöttöaukko, jonka takia moni sahalaitos oli joutunut tästä hakkurista luopumaan. Karhula 1200/2 ja erikoisesti Ari FLM 3 hakkureiden varjopuolena oli paksu hake ja suuri tiheys, jolloin siis hakkeen määrä jäi paljon pienemmäksi kuin muilla hakkureilla. Pirkka hakkureiden varjopuolena oli suuri tikkujen määrä.

Kestävyys on vielä eräs hyvin tärkeä arvosteluperuste, mutta siihen ei voitu tämän tutkimuksen puitteissa perehtyä. Hakkurin paino antaa kuitenkin jonkinlaisen kuvan vankkarakenteisuudesta.

Hakkurin hinta vaikuttaa myös luonnollisesti useimpien ostajien valintaan. Hakkeen arvo ja hakkurien siinä aiheuttamat erot ovat kuitenkin niin suuria, ettei hinnalla ole useinkaan ratkaisevaa merkitystä. Kuitenkin hyväkin hakkuri voi olla halpa, kuten esim. Bruks 1200 M.

Terävät terät tekevät paljon parempaa haketta kuin tylsät ja kuluttavat vähemmän energiaa. Tilavuusmitalla mitattaessa niillä on kuitenkin saanto pienempi kuin tylsillä terillä. Erikoisseosteiset terät näyttävät kestävän terävinä lähes kaksi kertaa kauemmin kuin tavalliset hiiliterästerät. Sopivana teroitusvälinä voidaan pitää n. 30—50 i—m³/terä. Siis kolmiteräisen hakkurin terät tulisi teroittaa aina, kun niillä on hakattu 100—150 m³.

Seuloista ei tämän tutkimuksen perusteella voida esittää yleispätevää arvostelua. Vain se voidaan sanoa, että hakkeen laatua ei kannata parantaa niinkään seulan vaan hakkurin avulla. Ei siis ole syytä pitää liian pientä yläseulaa eikä liian suurta alaseulaa. Yläseulan sopivin reikäkoko näyttäisi olevan 35 mm ja alaseulan 6—8 mm.

Nykyisin on käytössä miltei yksinomaan hiertäviä seuloja, joissa seulan liike tapahtuu vaakatasossa. Tärkeimpänä seikkana on huomioitava se, että

kummallakin seulalevyllä on seulontamatka riittävän pitkä. Tämä saadaan aikaan esim. siirtämällä yläseulan läpi tullut hake välilevyn avulla alaseulan yläpäähän. Suunnilleen vastaava tulos saavutetaan, jos seulalevyjen vinous on samaan suuntaan, jolloin ylälevyn läpi alussa putoavilla pienillä palasilla on seulontamatkaa miltei koko alalevyn mitta. Missään tapauksessa ei yläseulan etupäästä putoava hake saisi pudota alaseulan loppupäähän. Tällaisia seuloja on kuitenkin markkinoilla parilla valmistajalla.

45. Kustannustutkimuksen tulokset

451. Jako valmistus- ja käsittelyvaiheisiin

Sahausjätteet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

1. pinnat, rimat ja tasauspätkät
2. sahanpuru
3. kuori

Kahta viimemainittua ei yleensä sahalaitoksilla jalosteta, joten niiden käsittely rajoittuu siirtoon syntymispaikalta välivarastoon ja välivarastosta pois käyttöpaikalle tai usein vielä nykyisin kaatopaikalle.

Ensinmainittuun ryhmään kuuluvia jätteitä myyvät tai käyttävät vain osa pienimmistä sahoista sellaisenaan. Useimmissa tapauksissa ne jalostetaan katkomalla polttoainekäytön vaatimiin 0.20—1 m mittoihin ja niputtamalla tahi tekemällä niistä haketta.

Mikäli tukit sahataan kuorittuina, soveltuu hake selluloosan raaka-aineeksi. Mikäli kuori on mukana, voidaan hake käyttää kuitulevyn raaka-aineena tai polttoaineena. Kuorinta on siis aina otettava huomioon yhtenä työvaiheena jätteiden jalostuksesta puhuttaessa. Käytännössä kuorinta taas kytkeytyy kiinteästi tukkien lajitteluun.

Esimerkiksi eräässä tavanomaisessa menetelmässä, jossa kuorinnan jälkeen on automaattinen lajittelu tukkien pudotessa maalokeroihin, tarvitaan yleensä yksi mies syöttämään tukit syöttökuljettimelle, yksi mies mittaukseen ja lajitteluun ja 1—2 miestä sekä kuormaaja tukkien siirtoihin. Lajittelija hoitaa kuorimakoneen valvonnan. Mikäli tästä vaiheesta poistetaan kuorinta, ei säästetä yleensä työtunteja. Mikäli taas lajittelu poistetaan, voidaan yleensä vähentää vain yksi mies työvoimasta. Käytännössä on siis usein mahdotonta erottaa kuorinnan ja lajittelun työmäärät toisistaan.

Mikäli pinnat ja rimat myydään sellaisinaan tai katkottuina ja niputettuina, tarvitaan niiden käsittelyssä yleensä 1—3 työntekijää. Hakkeen valmistuksessa ei parhaimmassa tapauksessa tarvita yhtään työntekijää, sillä pinnat ja rimat menevät automaattisesti kuljettimilla hakkuriin ja

hake edelleen siiloon. Yleensä on kuitenkin yhden työntekijän tehtäväksi annettu tämän työvaiheen valvonta. Mikäli hake kuljetetaan rautatievaunussa, tarvitaan myös yksi työntekijä vaunujen kuormaukseen. Autoilla kuljetettaessa hoitaa autonkuljettaja poikkeuksetta kuormauksen, joka kuuluu kaukokuljetuksen työvaiheisiin.

Kuten esitetystä selviää, on kustannusten jako usein melko vaihtelevaa. Eri vaiheista on hyvin vaikea saada eriteltyjä tietoja sahalaitoksilta. Tämän vuoksi keskityttiin pääasiassa hakkeen valmistukseen. Kustannuspaikkajaottelu oli seuraava:

1. kuorinta
2. hakkeen valmistus
3. muu jätteiden käsittely

Työmenekissä on tukkien lajittelu myös otettu mukaan.
Kustannuslajijaottelu oli seuraava:

1. työkustannukset
2. energiakustannukset
3. huolto- ja korjauskustannukset
4. pääomakustannukset

Näistä ensinmainitussa ryhmässä selviteltiin kyselyllä ainoastaan työtuntimäärät ja laskettiin sen jälkeen palkkakustannukset sahalaitosten keskipalkkojen mukaan. Sosiaalikustannukset laskettiin 25 %:n mukaan. Energiakustannukset ovat puhtaasti koneiden keskimääräisten energiatarpeiden ja energiahintojen mukaan laskettuja. Huolto- ja korjauskustannukset perustuvat kyselyssä saatuihin tietoihin. Pääomakustannukset ovat keskimääräisten hankintojen perusteella laskettuja käyttäen 10 vuoden poistoaikaa kuorimakoneelle ja hakkurille ja 5 vuoden poistoaikaa kuljetuslaitteille sekä 8 %:n korkoa. Pääomakustannukset on laskettu yhtä suuriksi joka vuosi koko poistoajan.

452. Työkustannukset

S e l l u l o o s a h a k e t t a valmistavilla laitoksilla esiintyvä työmenekki eri työvaiheissa ilmenee seuraavasta taulukosta:

Xa (arithmetical mean) on aritmeettinen keskiarvo ja Xp (weighted mean) sahausmäärillä painotettu keskiarvo. Erot yhteenlaskuissa johtuvat pyöristyksistä. Raaka-aineen käyttösuhteen aritmeettinen keskiarvo oli 226 j³/std ja painotettu keskiarvo 229 j³/std ja hakesaannon vastaavasti 5.15 i—m³/std ja 5.49 i—m³/std.

Taulukko 13. Selluloosahakkeen valmistuksen työmenekki.
Table 13. Work input in the manufacture of chips for pulp.

Työvaihe *Phase of work*	Työmenekki — *Work input*					
	tuntia/std *hr/std.*		tuntia/i—m³ *hr/loose cu.m.*		tuntia/j³ *hr/cu.ft.*	
	Xa	Xp	Xa	Xp	Xa	Xp
1. Kuorinta — Barking	1.17	1.07	0.23	0.20	0.005	0.004
2. Lajittelu — Sorting	1.05	0.88	0.20	0.16	0.005	0.004
3. Kuorinta + lajittelu — Barking + sorting	2.22	1.95	0.43	0.36	0.010	0.009
4. Hakkeen valmistus — Preparation of chips	0.71	0.56	0.14	0.10	0.003	0.002
5. Muu jätteiden käsittely — Other handling of waste	0.22	0.19	0.04	0.03	0.001	0.001
6. Kuorinta, hakkeen valmistus ja muu jätteiden käsittely (1+4+5) — Barking, preparation of chips, and other handling of waste (1+4+5)	2.10	1.82	0.41	0.33	0.009	0.008

Lisäksi laskettiin aineistosta erikseen kuorinnan ja lajittelun yhteinen työmäärä eri lajittelutavoilla.

1. automaattinen lajittelija	(11 kpl)	0.0077 h/j³
2. lajittelukuljetin, ei automaattinen	(2 »)	0.0107 »
3. lajittelu kuormaajalla	(4 »)	0.0095 »
4. talvella kuormaajalla, kesällä vedessä	(4 »)	0.0113 »
5. ei erittelyä	(2 »)	0.0155 »

Sosiaalisen Aikakauskirjan (28) mukaan oli miespuolisten työntekijäin keskituntiansio saha-, vaneri- ja puutaloteollisuudessa v. 1965 toisella neljänneksellä koko maassa 3.31 mk/t.

Sivutuotteiden käsittelyyn liittyvissä töissä ovat palkat yleisesti hieman keskiarvoa alemmat, joten laskentaperusteeksi voidaan ottaa 3 mk/t eli sosiaalikustannuksineen 3.75 mk/t. Työkustannukset laskettuina painotettujen keskiarvojen mukaan ovat seuraavat:

	mk/std	mk/i—m³	mk/j³
Kuorinta	4.01	0.750	0.0150
Hakkeen valmistus	2.10	0.375	0.0075
Yhteensä	6.11	1.125	0.0225

Kuorellisen hakkeen valmistuksessa työmenekki on laskettu erikseen seuraavien työvaiheitten osalta:

1. hakkeen valmistus
2. muu jätteiden käsittely
3. hakkeen valmistus + muut jätteiden käsittelyt (1+2)
4. tukkien lajittelu

Viimemainittu ei ole jätteiden käsittelyyn liittyvä työvaihe, mutta on otettu mukaan vertailun vuoksi.

Taulukko 14. Työmenekki kuorellisen hakkeen valmistuksessa.
Table 14. Work input in the manufacture of unbarked chips.

Työvaihe *Phase of work*	Työmenekki — *Work input*					
	h/std *hr/std.*		h/i—m³ *hr/loose cu.m.*		h/j³ *hr/cu.ft.*	
	$\bar{X}a$	$\bar{X}p$	$\bar{X}a$	$\bar{X}p$	$\bar{X}a$	$\bar{X}p$
1. Hakkeen valmistus — Manufacture of chips	0.95	0.64	0.17	0.11	0.004	0.003
2. Muu jätteiden käsittely — Other handling of waste	0.62	0.46	0.12	0.09	0.003	0.002
3. Hakkeen valmistus ja muu jätteiden käsittely — Manufacture of chips and other handling of aaste	1.57	1.11	0.29	0.20	0.007	0.005
4. Tukkien lajittelu — Sorting of logs	2.64	2.58	0.46	0.46	0.012	0.012

Painotus on tehty sahausmäärillä. Erot yhteenlaskuissa johtuvat pyöristyksistä. Raaka-aineen käyttösuhteen aritmeettinen keskiarvo oli 220 j³/std ja painotettu samoin 220 j³/std, hakesaannon aritmeettinen keskiarvo oli 5.69 i—m³/std ja painotettu keskiarvo 5.70 i—m³/std.

Työpalkkakustannukset muodostuvat painotettujen keskiarvojen mukaan varsinaisessa hakkeen valmistuksessa seuraaviksi:

2.40 mk/std
0.41 mk/i—m³
0.011 mk/j³

453. Energiakustannukset

Selluloosahakkeen valmistuksessa ei kuorinnan energiatarvetta ollut mahdollista selvitellä tämän tutkimuksen puitteissa. Mikäli moottorien keskitehon oletetaan olevan n. 60 % nimellistehosta eli 15 kW ja kun keskimääräinen työsaavutus kyselyaineiston mukaan kuorimakoneilla oli keskitehona 650 j³/h, on energian tarve 0.023 kWh/j³ eli 5.3 kWh/std eli 0.96 kWh/hake m³. Sähköenergian keskihintaa sahalaitoksilla ei tarkoin tunneta, mutta laskelmat voidaan suorittaa 10 p/kWh

Taulukko 15. Selluloosahakkeen valmistuksen energiakustannukset.
Table 15. Energy costs for the manufacture of chips for pulp.

	mk/std *Fmk/std.*	mk/i—m³ *Fmk/loose cu.m.*	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*
Kuorinta — Barking	0.53	0.096	0.0023
Lastutus — Chipping	0.55	0.10	0.0024
Yhteensä — In total	1.08	0.296	0.0047

mukaan. Hakkurin energiatarve on sivun 23—24 mukaan keskimäärin 1 kWh/i—m³. Kuljettimien energiantarve on niin pieni, ettei sitä tarvitse huomioida. Tukkien siirto on laskettu kuuluvaksi tukkien lajitteluun. Energiakustannukset muodostuvat siis seuraaviksi:

K u o r e l l i s e n h a k k e e n osalta on energiakustannuksia vain lastutuksessa, missä ne ovat edellä olleiden suuruisia.

454. Huolto- ja korjauskustannukset

S e l l u l o o s a h a k k e e n v a l m i s t u k s e s s a olivat kyselytulosten mukaan kuorimakoneen varaosa-, terä-, huolto- ja korjauskustannukset 25 sahalaitoksella, joiden yhteinen sahaus oli 89 672 std, yhteensä 53 945 mk. Hakkurin osalta olivat vastaavat kustannukset 49 780 mk. Työvaiheittain olivat kustannukset siis seuraavat:

Taulukko 16. Huolto- ja korjauskustannukset.
Table 16. Management and reparation costs

	mk/std *Fmk/std.*	mk/i—m³ *Fmk/loose cu.m.*	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*
Kuorinta — Barking	0.60	0.11	0.0026
Lastutus — Chipping	0.55	0.10	0.0024
Yhteensä — In total	1.15	0.21	0.0050

K u o r e l l i s t a h a k e t t a valmistavilta sahoilta ei saatu riittävästi luotettavia vastauksia, jotta keskiarvoja olisi voitu laskea. Kustannukset voidaan kuitenkin riittävällä tarkkuudella ottaa edellisen kohdan mukaisina lastutuksen osalta.

455. Pääomakustannukset

S e l l u l o o s a h a k k e e n v a l m i s t u k s e s s a on kuorimon kokonaishankintahinta tällä hetkellä n. 60 000 mk ja hakkimon seuraava:

hakkuri moottoreineen	15 000 — 50 000 mk
seula	3 000 — 5 000 mk
	23 000 — 65 000 mk

Tässä laskelmassa voidaan keskimääräisiä pääomakustannuksia pitää eri kokoisilla sahalaitoksilla seuraavina:

Taulukko 17. Hakelaitteiden hankintakustannukset
Table 17. Acquisition costs for chipping equipment.

Sahalaitoksen koko std/v *Size of sawmill, std/year*	Kuorimo *Barking equipment*	Hakkimo *Chipping equipment*
— 999	40 000:—	20 000:—
1 000 — 1 999	50 000:—	30 000:—
2 000 — 2 999	60 000:—	40 000:—
3 000 — 4 999	70 000:—	50 000:—
5 000 — 9 999	80 000:—	60 000:—
10 000 —	100 000:—	80 000:—

Tällöin pääomakustannukset 10 % poiston ja 8 % koron mukaan ovat seuraavat:

Taulukko 18. Selluloosahakkeen valmistuksen pääomakustannukset.
Table 18. Capital costs of the manufacture of chips for pulp.

Sahalaitoskoko std/v *Size of sawmill, std/year*	mk/std *Fmk/std*		mk/i—m³ *Fmk/loose cu.m.*		mk/j³ *Fmk/cu. ft.*	
	Kuorinta *Barking*	Hakkaus *Chipping*	Kuorinta *Barking*	Hakkaus *Chipping*	Kuorinta *Barking*	Hakkaus *Chipping*
— 999	11.10	5.60	2.11	1.06	0.049	0.025
1 000 — 1 999	4.67	2.80	0.99	0.60	0.021	0.013
2 000 — 2 999	3.46	2.24	0.72	0.47	0.015	0.010
3 000 — 4 999	2.45	1.75	0.48	0.34	0.011	0.008
5 000 — 9 999	1.50	1.12	0.25	0.19	0.006	0.005
10 000 —	1.40	1.12	0.23	0.18	0.006	0.005

K u o r e l l i s t a h a k e t t a valmistettaessa on pääoman tarve olennaisesti pienempi, sillä ei tarvita kuorimakonetta eikä seulaa. Pääomakustannusten voidaan tällöin laskea olevan n. 60 % selluloosahakkeen hakkausvaiheen pääomakustannuksista eli seuraava:

Taulukko 19. Kuorellisen hakkeen valmistuksen pääomakustannukset.
Table 19. Capital costs of the manufacture of unbarked chips.

Sahalaitoskoko std/v *Size of sawmill, std/year*	mk/std *Fmk/std.*	mk/i—m³ *Fmk/loose cu.m.*	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*
— 999	4.48	0.85	0.020
1 000 — 1 999	2.74	0.48	0.010
2 000 — 2 999	1.79	0.38	0.008
3 000 — 4 999	1.40	0.27	0.006

456. Kokonaiskustannukset

S e l l u l o o s a h a k k e e n v a l m i s t u k s e n kokonaiskustannukset saadaan yhteenvetona edellisistä tuloksista.

Taulukko 20. Selluloosahakkeen valmistuksen kokonaiskustannukset.
Table 20. Total costs of the manufacture of chips for pulp.

Sahalaitoksen koko, std/v *Size of sawmill, std/year*	mk/std — *Fmk/std.*			mk/i—m³ *Fmk/loose cu.m.*			mk/j³ — *Fmk/cu.ft.*		
	Kuorinta *Barking*	Hakkaus *Chipping*	Yhteensä *In total*	Kuorinta *Barking*	Hakkaus *Chipping*	Yhteensä *In total*	Kuorinta *Barking*	Hakkaus *Chipping*	Yhteensä *In total*
— 999	16.34	8.80	25.14	3.07	1.64	4.71	0.069	0.037	0.106
1 000 — 1 999	9.81	6.00	15.81	1.95	1.18	3.13	0.041	0.025	0.066
2 000 — 2 999	8.60	5.44	14.04	1.68	1.05	2.73	0.035	0.022	0.057
3 000 — 4 999	7.59	4.95	12.54	1.44	0.92	2.36	0.031	0.020	0.051
5 000 — 9 999	6.64	4.32	10.96	1.21	0.77	1.98	0.026	0.017	0.043
10 000 —	6.54	4.32	10.86	1.19	0.76	1.95	0.026	0.017	0.043

Taulukko 21. Kuorellisen hakkeen valmistuksen kokonaiskustannukset.
Table 21. Total costs of the manufacture of unbarked chips.

Sahalaitoskoko std/v *Size of sawmill, std/year*	mk/std *Fmk/std.*	mk/i—m³ *Fmk/loose cu.m.*	mk/j³ *Fmk/cu.ft.*
— 999	7.98	1.46	0.036
1 000 — 1 999	5.74	1.09	0.026
2 000 — 2 999	5.29	0.99	0.024
3 000 — 4 999	4.90	0.88	0.022

Käytännössä kustannukset voivat vaihdella melkoisesti. Edellä olevia ei niin ollen voida pitää keskimääräiskustannuksina vaan ainoastaan suuruusluokkaa osoittavina.

K u o r e l l i s e n h a k k e e n osalta muodostuivat kokonaiskustannukset seuraaviksi:

5. TULOSTEN LUOTETTAVUUDESTA

Aikaisempien laajojen tutkimusten puutteesta johtuen jouduttiin tässä tutkimuksessa selvittelemään monia erilaisia tekijöitä. Pyrittäessä selvittelemään keskimääräisiä tekijöitä sahalaitoksilla oli vaikeutena luotettavan aineiston keruu. Esimerkiksi hakkeen saantoon sahalaitoksilla vaikuttavat niin monet usein toisistaan riippuvat tekijät, että aineiston käsittely tilastomatemaattisin keinoin ei tässä ollut tarkoituksenmukaista. Hakesaannon vaihteluille on taulukoihin 6, 7 ja 8 laskettu keskihajonnat ja niistä näkyy selvästi suuri vaihtelu. Esimerkiksi sahalaitoskoon vaikutusta esittävässä taulukossa 8 esiintyvät hakkeen saantoon vaikuttavina tekijöinä kuutiojalkakulutus ja tukin keskikoko.

Lähdettäessä yksityiskohtaisemmin selvittelemään perusteiden ja arvojen luotettavuutta ja tarkkuutta voidaan ensinnäkin teoreettisten laskelmien kohdalla todeta monia epävarmuustekijöitä. Siimeksen ja Juvosen (24, 12) aineistot perustuvat suhteellisen pieniin koesahauksiin, joten asetteiden vaikutus voi aiheuttaa eron todelliseen sahalaitoksilla esiintyvään keskiarvoon. Toinen virhetekijä on latvamuotoluku, jossa näkyykin melkoiset erot Siimeksen, Juvosen ja Tapion Taskukirjan lukujen välillä (vrt. sivu 15). Kolmas virhetekijä on tukkien mittaus. Kun tukit lajitellaan sahausta varten tuumaluokittain, esim ½″ välein, vaihtelee todellinen keskiarvo eri laitoksilla. Esim. 6″ tukkijakeen (6″—6½″), joka sahataan 6″ mukaan sopivalla asetteella, läpimitan keskiarvo on yleensä lähellä 6½″, voipa olla joskus ylikin (vrt. liitetaulukko 1 ja Riikonen 20). Eräissä kokeissa on todettu, että tukkien käsimittauksessa voi ½″ välein jaoteltujen luokkien ylärajan ylittäviä kappaleita olla n. 5 % ja jopa yli 1″ ylärajan ylittäviä kappaleita tavataan.

Liitepiirroksista 1 ja 2 selviää kuitenkin toisiinsa vertailemalla melko hyvin viimemainitun tekijän vaikutus. Teoreettiset tulokset pitävät siis lähinnä paikkansa vain juuri määrätyllä tukkikoolla ja pituudella, määrätyllä kuutiojalkakulutuksella ja optimiasetteella normaalitavaraa sahattaessa Käytännössä 20 %:n vaihtelut ovat tavallisia.

Kyselytutkimuksen aineistoon voi myös sisältyä monenlaisia virhemahdollisuuksia, joiden suuruutta on vaikea edes arvioida. Hakemäärien mittaukset ovat ehkä tarkimmat, mutta jo raaka-aineen mittauksissa ja myös

Taulukko 22. Rinkisen tietojen mukaan laskettu hakesaanto.
Table 22. Chip yield as calculated on the basis of data presented by Rinkinen.

Suuruusluokka *Size class*	Todellinen tuotanto std/v *Actual production, std/year*	Hakesaanto i—m³/std *Chip yield, loose cu.m/std*
I	278	4.73
II	579	5.02
III	1.361	5.02
IV	2.453	4.70
V	6.410	5.36
VI	19.731	5.41

sahatavaramittauksissa varastojen osalta voi olla virheitä, jotka vielä ilmoituksen tekovaiheessa pyöristyksistä ym. vastaavista johtuen voivat suurentua. Säännöllisesti samaan suuntaan vaikuttavana virhemahdollisuutena voidaan pitää hakemäärän mittausta ostajatehtaalla, mikä antaa vajoamasta kuormatilan muutoksista ym. seikoista johtuen n. 2—5 % pienempiä arvoja.

Tuloksia ei voida missään tapauksessa yleistää koko sahateollisuuttamme koskeviksi, vaan tutkimusaineistoa vastaaville sahalaitoksille soveltuvaksi.

Verrattaessa saatuja tuloksia aikaisemmin esitettyihin lukuihin on todettava, että tulokset sopivat useimmiten esitettyjen arvojen suuruusluokkaan (Siimes 5.8 i—m³/std, (24). Rinkisen (21) esittämästä taulukosta 3 voidaan laskea viimeisestä sarakkeesta sahanpuru vähentäen hakemäärä käyttäen tiheytenä 0.38. Tällöin saadaan eri kokoluokkien mukaan seuraava hakesaanto, jos kaikki kelpaava jäte valmistetaan hakkeeksi.

Verrattaessa edellistä tämän tutkimuksen tulokseen, joka on esitetty taulukossa 7 havaitaan suuruusluokan olevan sama mutta vaihtelun jonkin verran erilainen.

Hakkeen laatuvaatimuksia koskeva osa sulfaattihakkeen osalta voidaan yleistää. Vain neljältä tehtaalta puuttuivat tiedot, ja nämä tehtaat olivat sellaisia, jotka eivät yleisesti osta haketta. Sulfiittitehtaitten osalta aineisto edusti puolta ja kuitulevytehtaitten osalta neljännestä käyttäjistä.

Kustannuksia koskevissa tiedoissa on vielä suurempia virhemahdollisuuksia, kuten jo ko. tuloksia käsiteltäessä esitettiin. Tuloksia ei voida yleistää keskiarvokustannuksiksi vaan ainoastaan pitää osoituksena siitä, missä suuruusluokassa hakkeen valmistuksen kustannukset liikkuvat.

6. NÄKÖKOHTIA TULOSTEN SOVELTAMISESTA KÄYTÄNTÖÖN

Esillä olevan tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa käytännössä useissa eri tapauksissa. Sahalaitokset voivat soveltaa tuloksia käytäntöön päästäkseen mahdollisimman hyvään hakkeeseen. Tällöin siis on käytettävä mahdollisimman teräviä teriä, mieluimmin erikoisseosteisia, lastutusmäärän ollessa yhtä terää kohti korkeintaan n. 50—60 i—m^3 teroitusvälillä. Terät on myös asetettava erityisellä huolella ja mahdollisimman lähelle vastaterää. Missään tapauksessa ei terän ja vastaterän väli saa olla yli 1 mm. Ulkokehällä on etäisyyden oltava suurempi kuin sisäkehällä, muutoin terä voi ulkokehän puolelta ottaa kiinni vastaterään.

Erikoista huomiota kannattaa sahalaitosten kiinnittää tiheyteen. Nykyiset vaihtelut merkitsevät jopa 2.80 mk/i—m^3 arvoeroja. Toinen saha voi siis saada huomattavaa ansiotonta hinnanlisää ja toinen puolestaan hävitä vastaavasti. Yleishinta tulee asettumaan aina keskiarvon mukaan tai ehkä hieman keskiarvoa huonomman tiheyden mukaan. Tiheysvaihtelu olisikin saatava pienenemään huomattavasti. Nykyisen maksu- ja mittaustavan vallitessa ei ole kannattavaa käyttää paksua haketta tekeviä hakkureita kuten esim. Ari ja Karhula 1200/2 hakkureita. Selluloosatehtaat yleensä pitävät ohutta haketta myös laadullisesti parempana. Sahalaitoksen ei myöskään kannata tehdä liian pitkää haketta, eikä missään tapauksessa sellaista, jossa esiintyy suunnilleen saman verran kaikkia palapituuksia.

Hakkureiden valmistajat voivat puolestaan soveltaa tuloksia parantaakseen hakkureitaan. Ihannehakkurille saadaan tulosten perusteella seuraavat ominaisuudet:

- leikkukulma n. 50°
- syttäkourun kaltevuus
  pienillä ja keskisuurilla n. 15°
  suurilla 15—45°
- syöttöaukko vähintään 200 × 400 mm
- luotettava syöttölaite, mikäli ei kysymys ole moniterähakusta; syöttölaitteen syöttävät telat mahdollisimman lähellä terää; syöttö 5—15 % suurempi kuin teoreettinen leikkuu.

Hakkurikohtaisesti arvostellen voidaan todeta, että Kotka 50 hakkurin syöttöaukkoa tulisi suurentaa ja teräpyörä kallistaa. Sama olisi tehtävä

myös Karhula 1200/2 hakkurille, jossa nimenomaan leikkuukulma olisi pienennettävä. Ari hakkurien valmistaja onkin jo tehnyt nämä muutokset. Pirkka hakkurien valmistaja on ryhtynyt toimenpiteisiin syöttölaitteen parantamiseksi.

Seulojen kohdalla on tuloksia käytäntöön sovellettaessa kiinnitettävä huomiota seulalevyjen reikäkokoon. Yläseulan reikien tulisi olla vähintään 32—35 mm, mieluimmin viimemainittu ja alaseulan 6—10 mm. On paljon edullisempaa parantaa hakkeen laatua hakkurin kuin seulan avulla, kuten edellä on mainittu. Hakepalasten alaseulalevyllä kuljettavissa olevaan matkaan on kiinnitettävä huomiota, ja sen tulisi olla ainakin yhtä pitkä kuin yläseulalevylläkin. Näin ei ole kaikissa seuloissa.

Laitteiden mitoituksesta sahalaitoksilla on tulosten perusteella esitettävänä seuraavia ohjeita. Hakkuria ei saisi turhaan ylimitoittaa, sillä jälki tulee parasta, kun syöttöaukko on lähes täynnä tavaraa. Hakkuri tulee kuitenkin mitoittaa hetkellisten huippujen mukaan. Mikäli sahaustehon huipuista ei olla selvillä, voidaan hakkuri mitoittaa n. 4—5 kertaiseksi keskimääräisen sahaustehon mukaan. Jos esim. sahausteho on 1.5 std/h, on saatava hakemäärä n. 7 i—m^3/h ja hakkurin nimellistehon tulisi olla n. 28—35 i—m^3/h. Hakkurin moottori on mitoitettava 1.2 kW/i—m^3 tehon tarpeen mukaan.

Hakesaannon lisäämiseen sahattua standarttia kohden on myös mahdollisuuksia ottamalla vähemmän vajaasärmäistä sahatavaraa ja siis suurentamalla kuutiojalkakulutusta. Tämän toimenpiteen kannttavuus riippuu vajaasärmätavaran ja hakkeen hintasuhteista käsittelykustannuksien ero huomioituna. Nykyisen hakkeen hinta 16—17 mk/i—m^3 ostajan tehtaalla vastaa sahatavaran hintana 200—210 mk/std ja todellisuudessa vähemmänkin, sillä vajaasärmätavaran standartissa ei ole 165 j^3 puuta. Nykyisellä hakkeen hinnalla ei siis kannata vajaasärmää yleensä tehdä hakkeeksi, sillä esimerkiksi halvimman vajaasärmätavaran ohjehinta kotimaassa on n. 400 mk/std.

7. TIIVISTELMÄ

Käsillä olevassa tutkimuksessa on selvitelty sahanhakkeen saantoon, laatuun ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus on tapahtunut teoreettisten laskelmien ja 58 sahalaitokselta saatujen kyselytulosten perusteella sekä kahdeksalla sahalaitoksella suoritettujen pääasiassa hakkurityypin ja hakkurin kunnon vaikutusta selvittelevien mittausten avulla. Lisäksi on hakkeen ostajilta tiedusteltu hakkeen laatuvaatimuksia käyttäjän kannalta.

Sahaustapa oli kaikissa aineistoissa tavallinen nelisahaus kehyssahalla.

Pintojen, rimojen ja pätkien eli hakkeeksi kelpaavien jätteiden saanto riippuu tukkien latvamuotoluvusta, tukkien koosta (paksuudesta ja pituudesta) sekä raaka-aineen käyttösuhteesta eli siitä paljonko raaka-ainetta teknillisinä kuutiojalkoina mitattuna kuluu sahatavarastandartin valmistukseen. Nämä taas puolestaan riippuvat kaikki ainakin osittain toisistaan, joten erillisinä niiden vaikutusta hakkeen saantoon on vaikea selvittää Käytännössä hakesaanto on talvella pienempi kuin kesällä ja vaihtelee myös sahalaitoskoon mukaan. Selluloosahakesaannon painotettu keskiarvo tutkituilla sahalaitoksilla, joiden keskimääräinen sahaus oli aikana 1. 1. — 30. 9. 1965 4 143 std, oli 6.0 i—m^3/std selluloosahaketta. Kuorellisen hakkeen saanto on n. 17 % suurempi, eli keskimäärin 0.8 i—m^3/std suurempi.

Hakkeen saanto irtokuutiometreissä mitattuna riippuu myös hakkeen tiheydestä. Hakkeen tiheyteen vaikuttavat mm. hakkurityyppi, hakkeen palakoko, muoto ja tasapalaisuus. Näistä hakkuri vaikuttaa sekä palapituuteen että tasapalaisuuteen. Mutta ainakin nykyisiä palakoon ja tasapalaisuuden mittausmenetelmiä käytettäessä näyttää hakkurilla olevan muutakin vaikutusta. Esim. Bruks-hakkuri näyttää tekevän tideydeltään pienintä sekä Ari ja Karhula 1200/2 suurinta haketta. Tylsillä terillä hakattaessa on tiheys selvästi pienempi kuin terävillä terillä. Hakkeen tiheyteen vaikuttavia tekijöitä tulisi jatkotutkimusten puitteissa vielä lähemmin selvitellä.

Pienin tikku- ja purumäärä oli kokeiden mukaan 50° leikkauskumalla. Lastutuksessa on energian kulutus noin 1 kWh/i—m^3 haketta ja se kasvaa leikkuukulman suuretessa ja terien tylsyessä.

Hakkeen teon kustannuksia on selvitelty kyselyllä ja teoreettisilla laskelmilla. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää vain suuruusluokkaa osoittavina kustannusten osalta.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Alm, Järvelä, Peltonen, Virkola. 1962. Sahahake kemiallisen massan raaka-aineena. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 144.
2. Hakkila, Pentti. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61.5.
3. Heiskanen, V. 1964. Kuljettimen käyttö pinoon varastoitujen sahausjätteiden lastutuksessa.
4. Heiskanen, V. 1964. Siirrettävät ja puolisiirrettävät hakkurit II. Tietoja hakkureista sekä lastutustyön tuotoksista ja kustannuksista. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 156.
5. Heiskanen, V. Taipale, A. 1964. Tutkimuksia keskuslämmityshakkeen valmistamisesta sahanjätteistä. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 162.
6. Heiskanen, V. 1963. Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irtokuutiometri painoon. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o .
7. —»— 1962. Tutkimuksia siirrettävillä hakkureilla valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 134.
8. Isomäki, O. 1964. Sahanhakkeen kuljetus v. 1963. Pienpuualan Toimikunnan tiedoitus n:o 118.
9. —»— 1965. Sahausjätteiden määrät nykyisten tietojen mukaan. Puumies n:o 4.
10. —»— 1966. The utilization of sawmill waste. Sexto Congreso Forestal Mundial. 6 CFM/E/C. T. VII/11.
11. Jalava, M. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet.
12. Juvonen, K. Recovery in Sawmilling, The Journal of the South African Forestry Association n:o 37.
13. Jäntti, E. 1962. Hakkeen kuljetus ja kuljetuksen aikana syntyvän vajoaman vaikutus hakkeen mitattavaan määrään. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 59.
14. Laanti, J. 1962. Hakkeelle asetettavat vaatimukset selluloosan ja puoliselluloosan valmistuksessa sekä laadun vaikutus hintaan. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotus n:o 56.
15. Levon, M. 1931. Sahateollisuuden jätepuu ja sen käyttö. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 16.1.
16. Mekaaninen Puuteollisuus I—II. 1964. Joensuu.
17. Murto, J. Kivimaa, E. 1951. Perolahti, O. Selluloosapuun lastutus. Teollisuuden keskuslaboratorion tiedonantoja.
18. Pöyry, P. 1962. Hakkeen seulomisesta ja vähän seuloistakin. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotus n:o 58.
19. Rautio, R. 1965. Hakkeen laatu käyttäjän kannalta ja sahojen hakkeen merkitys. Sahamies n:o 3
20. Riikonen, R. Teräväinen, A. 1965. Sahatukkien lajittelutarkkuudesta. Puumies n:o 6.
21. Rinkinen, I. 1964. Suomen sahateollisuuden jätepuu. Silva Fennica 115.

22. Salminen, J. 1963. Selluloosahakkeen valmistus piensahoilla. Sahamies n:o 5.
23. Salo, E. 1963. Saha-, vaneri- ja rullateollisuuden jätepuun tuotos ja käyttö v. 1960. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 154.
24. Siimes, F. E. 1962. Sahausjätteen ja pienpuun määrät ja ominaisuudet. Paperi ja Puu n:o 2.
25. Taipale, A. 1960. Tutkimuksia sahanrimojen lastutuksesta. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotus n:o 32.
26. Tunkkari, E. 1962. Havaintoja siirrettävien hakkureiden käytöstä sahanhakkeen valmistuksessa. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotus n:o 76.
27. Tapion Taskukirja. 1965. 15. painos. Helsinki.
28. Sosiaalinen Aikakauskirja n:o 11—12. 1965.

ON THE FACTORS INFLUENCING THE QUALITY, YIELD AND MANUFACTURING COSTS OF SAWMILL CHIPS

Summary

The present study deals with the factors influencing the quality, yield, and manufacturing costs of sawmill chips, i.e., chips made out of sawmill waste. The investigation, which attempted to determine the influence of type and condition of chipping machine on these sawmill chip variables, was based upon theoretical calculation as well as a questionary sent to 58 sawmills and measurements carried out at eight sawmills. In addition, the buyers of chips were questioned as to the quality demands to be made on the chips from the point of view of the user.

The sawing method employed in all cases was block sawing by frame saw.

The yield of slabs, edgings, and ends — or the waste suited for chip manufacture — depends on the form factor and size (diameter and length) of the sawlogs as well as the utilization ratio (cu. ft/std) of raw timber. This ratio indicates the quantity of raw timber, expressed in technical cubic feet, which is required for the manufacture of one standard of sawn goods. These factors, on the other hand, are at least partly dependent on each other, because of which their individual influence on the chip yield is difficult to find out.

The demands on the chip size and the size distribution made by the users are presented in Tables 1—5.

On the basis of the results presented in Appendix Table 1, Appendix Table 2, which presents the basis of calculation, was compiled. Appendix Table 3, on the other hand, presents the balances of raw material as calculated on the basis of the latter. Based upon these balances, Appendix Figs. 1 and 2, which present the yield of chips, were drawn. The former shows the yield when based on the actual log volume and the latter when the over-measure commonly occurring in log measuring has been taken into consideration.

In the winter, when chips are made from icy wood, the yield is lower than in the summer, which is also revealed by Table 6. Variation in the yield of chips is also caused by the size of the sawmills (Table 7). According to the present investigation, the average yield of chips for pulp manufacture was 6.0 loose cu.m/std. The yield of unbarked chips was about 17 per cent greater.

The present paper also gives detailed information on different equipment for the manufacture of chips. This information was based on data obtained from both the manufactures (Appendix Tables 4, 5, and 6) and the users.

The study also included chipping experiments with seven different types of chipping machines. In these tests, the quality of the chips was estimated visually, in addition to which test sifting (for the results, see Appendix Table 8) was performed and the density of the chip yields was measured. Appendix Table 7 presents the measurements and the results obtained. Based on the quality of the chips, the best chipping machines

were Bruks 1200 M, Karhula S 2000, Kotka 50, and Söderhamn 711—60 A. The drawback of Karhula 1200/2 and Ari FLM 3 chipping machines was the thickness of the chips, which causes a great density. The yield when using these machines may be even 0.8—1.0 loose cu.m./std smaller than that obtained by the firstmentioned chipping machines. The energy consumption of the chipping machines was about 1 kWh/loose cu.m.

The costs of the manufacturing of chips were studied by means of aquestionary and heoretical calculations. The results are shown in Tables 13—20.

Liitetaulukko 1
Appendix Table 1

Siimeksen (3) ja Juvosen (12) koesahaustulokset
The results of Siimes' (3) and Juvonen's (12) test sawings

Tukin nimellislatvaläpimitta Nominal top diameter of log	5″	6″		7″	7 1/2″		8 1/2″	9″	
Tulosten esittäjät — *Introducer of the results*	J	S	J	J	S	J	J	S	J
Latvamuotoluku—*Top form factor*	1.55	1.35	1.40	1.30	1.31	1.26	1.23	1.28	1.21
Kulutus, j³/std — *Consumption, cu.ft/std*	190	212	210	222	228	225	223	225	225
Hakemäärä, % — *Chip yield per cent*	28.0	23.4	23.5	24.5	24.2	23.0	23.5	24.5	23.0
Puru, % — *Sawdust, per cent*	10.0	13.5	14.0	13.0	13.4	13.5	12.5	11.0	12.0
Ylimitta+kuivumisvara, % —*Overmeasure + allowance for seasoning, per cent*	6.0	6.8	5.5	5.5	6.2	5.5	5.0	6.0	5.0
Todellinen latvaläpimitan keskiarvo — *Actual mean top diameter*	5.5		6.5	7.3		8.0	8.7		9.3
Latvamuotoluku Tapion *Taskukirjan mukaan — Top form factor according to Tapion Taskukirja*	1.77	1.55		1.40	1.34		1.30	1.27	

S = Siimes J = Juvonen

Liitetaulukko 2
Appendix Table 2

Hakesaannon laskentaperusteet
Basis of calculation of chip yield

Tukin nimellislatvaläpimitta Nominal top diameter of logs	5″	6″	7″	7 1/2″	8 1/2″	9″
Latvamuotoluku — *Top form factor*	1.55	1.40	1.30	1.26	1.24	1.23
Raaka-aineen kulutus j³/std — *Consumption of raw material, cu.ft/std.*	190	210	222	228	225	225
Hakemäärä, % — *Chip yield, per cent*	28.0	24.5	23.5	23.5	23.5	23.5
Puru, % — *Sawdust, per cent*	10.0	14.0	13.5	13.5	12.5	12.0
Kuivumisvara + ylimitta % — *Allowance for seasoning + overmeasure, per cent*	6.0	5.5	5.5	5.5	5.0	5.0
Tukin keskikuutiosisältö tekn, j³/kpl — *Mean volume of logs, technical cu.ft.*	2.05 (15′)	2.95 (15′)	4.28 (16′)	4.918 (16′)	6.31 (16′)	7.07 (16′)

Liitetaulukko 3
Appendix Table 3

Raaka-ainetaseet
Raw-material balance

		Tukin nimellismitta *Nominal dimensions of logs*								
		5″				6″				
Raaka-aineen kulutus *Consumption of raw material*	tekn. j³/std — *technical cu.ft/std*	180	190	200	210	190	200	210	220	230
	tod. j³/std — *actual cu.ft/std*	279	294	310	326	266	280	294	308	322
Saanto — *Yield*	Sahatavara j³/std — *Sawn goods, cu.ft/std*	165	165	165	165	165	165	165	165	165
	Ylimitta j³/std — *Overmeasure cu.ft/std*	17	18	19	20	15	15	16	17	18
	Jäte k-j³/std — *Waste solid cu.ft/std*	97	111	126	141	86	100	113	126	139
	Puru k-j³/std — *Sawdust solid cu.ft/std*	28	29	31	33	37	39	41	43	45
	Hake k-j³/std — *Chips solid cu.ft./std*	69	82	95	108	49	61	72	83	94
	Hake i-m³/std — *Chips, loose cu.ft/std*	5.1	6.0	7.0	8.1	3.6	4.5	5.3	6.1	6.9

		Tukin nimellismitta *Nominal dimension of logs*							
		7″				7½″			
Raaka-aineen kulutus *Consumptin of raw material*	tekn. j³/std — *technical cu.ft/std*	210	220	230	240	210	220	230	240
	tod. j³/std — *actual* 3 *cu.ft/std*	273	286	299	312	265	277	290	302
Saanto — *Yield*	Sahatavara j³/std — *Sawn goods, cu.ft/std*	165	165	165	165	165	165	165	165
	Ylimitta j³/std — *Overmeasure cu.ft/std*	15	16	16	17	15	15	16	17
	Jäte k-j³/std — *Waste, solid cu.ft/std*	93	105	118	130	85	97	109	120
	Puru k-j³/std — *Sawdust, solid cu.ft/std*	37	38	40	42	36	37	39	41
	Hake k-j³/std — *Chips, solid cu.ft/std*	56	67	78	88	49	60	70	79
	Hake i-m³/std — *Chips, loose cu.ft/std*	4.1	4.9	5.7	6.5	3.6	4.4	5.2	5.8

		Tukin nimellismitta *Nominal dimension of logs*							
		8½″				9″			
Raaka-aineen kulutus *Consumbtion of raw material*	Tekn. j³/std — *Technical cu.ft/std*	210	220	230	240	220	230	240	250
	Tod. j³/std — *Actual cu.ft/std*	260	273	285	298	271	283	295	308
Saanto — *Yield*	Sahatavara j³/std — *Sawn goods, cu.ft/std*	165	165	165	165	165	165	165	165
	Ylimitta j³/std — *Overmeasure,cu.ft/std*	14	15	15	16	14	15	16	17
	Jäte k-j³/std — *Waste, solid cu.ft/std*	81	93	105	117	92	103	114	124
	Puru k-j³/std — *Sawdust, solid cu.ft/std*	32	34	36	37	31	36	41	46
	Hake k-j³/std — *Chips, solid cu.ft/std*	49	59	69	80	61	67	73	78
	Hake i-m³/std — *Chips, loose cu.ft/std*	3.6	4.3	5.1	5.9	4.4	4.9	5.4	5.7

Liitetaulukko 4
Appendix Table 4

Hakkureiden
Comparison of

Merkki *Type*	Teho m³/h *Effect cu.m/hr*	Hinta lvv:neen *Price incl. sales tax v.* 1966	Tehont. kW *Energy required, kW*	Teräp. Ø *Diameter of cutting wheel*
Ari FLM 2 B	20	n. 14 700,— [1])	22	1 330
Pirkka 1200 S	20—25	9 850,—	22—25	1 200
Karhula 1200/2	20—25	n. 17 500,—	40	1 200
Bruks 1200 M	25	n. 14 400,— [1])	30	1 200
Kotka 50	30	22 240,—	37	1 700
Ari FLm 3	30—35	n. 19 100,— [1])	37	1 430
Pirkka 1400 S 3	30—35	n. 13 000,—	35—40	1 400
Karhula S 1600/3	30—40	n. 23 120,—	30—40	1 600
Lokomo ZH 112	20—50	n. 10 000,—	30—75	1 110
Söderhamn 711—45 A	45	n. 35 000,—	52—77	1 900
Söderhamn 711—60 A	60	n. 40 000,—	63—95	1 900
Karhula S 2000/4	50—75	n. 40 000,—	55—80	2 000
CHEJ 40	60—75	n. 27 400,—	50—80	2 200
Rauma-Repola 10—1350 ..	50—80	n. 41 000,—	150	1 350
Bruks 1700	75	n. 32 300,—	75—100	1 700
Karhula S 2000/5	70—90	n. 41 000,—	75—95	2 000
Ari FLM 2346	80—100	n. 34 600,—	55—75	1 500
Karhula S 2500/4	90—110	n. 59 000,—	97—117	2 500
CHEJ 89	125	n. 14 700,—	55—95	1 350
Lokomo ZH 125	100—150	n. 12 000,—	150	1 250

[1]) Laskettu Rkr-hinnasta kertoimella 78 p/Rkr. — *Calculated on the basis of the price in Skr using the coefficiebt*
[2]) Teräpyörä kallistettu. — *Cutter wheel tilted.*
[3]) Syöttökouru muodostuu vaakatasossa kulman teräpyörän kanssa. — *In horizontal level the feeding flute*

vertailutaulukko
chipping machines

Kierrosluku *Number of revolutions*	Terien luku *Number of cutters*	Leikkuuk./ syöttökulma *Cutting angle/ feeding angle*	Syöttöaukko *Feeding gap*	Paino kg *Weight, kg*	Huomautuksia Remarks
420	2	75/15	305×152	2 500	
700—750	2	60/0 [2])	350×200	1 800	
600—700	2	75/15	300×200	2 200	
700	2	45/15 [2])	370×200	2 000	
500	3	51.5/38.5	305×290		
420	2	75/15	355×210	4 500	
750	3	60/0 [2])	400×200	2 200	
400—500	3	50/40	320×225	3 000	
950	2—4	36—38/0 [3])	250×250		Syöttölaitteeton — *No feeding aggregate*
400	3	n. 45/45	420×250		Valmistus lopetettu — *Manufacture finished*
400	4	n. 45/45	420×250		
350—420	4	50/40	440×310	6 700	
400	4	n. 45/45	450×300	6 200	
700	10	40/0 [3])	n. 400×205		Syöttölaitteeton — *No feeding aggregate*
550—600	4	50/0 [2])	500×400	4 800	
350—420	5	50/40	440×310	7 000	
600	2	50/0 [2])	230×460	4 900	
275—330	4	50/40	560×410	12 000	
740	6	0/0 [3])	460×320	2 800	Syöttölaitteeton s-laite 1 750,— *No feeding aggregate, price of feeding aggregate, 1 750,—*
800	10	36—38/0 ([3	250×250		

78 p/Skr.

forms an angle with the cutter wheel.

Liitetaulukko 5
Appendix Table 5

Seulojen vertailutaulukko
Comparison of riddles

Malli *Type*	Teho m³/h *Effect, cu.m/hr*	Seulapinta cm × cm *Riddle area cm × cm*	Teho kW *Effect, kW*	Hinta lvv:neen mk *Price incl. sales tax 1966*	Paino kg *Weight, kg*	Huom. *Remarks*
VAP 1	20	100×200	0.85	3 800,—	330	
Bruks BS 1	25	120×170	2.2	n. 4 050,—	750	[1]
Tähkä N:o 125	25—30	125×200	0.75	n. 2 800,—		Valmistaa myös muita kokoja—*Riddles of other sizes are also manufactured*
Söderhamn 751-A	25—30	—	1.5	n. 4 210,—	510	[1]
VAP 2	30	150×200	1.3	4 450,—	400	
Söderhamn 750—35A	35	n. 170×180	3.8	n. 9 880,—	1.700	Omalla alustalla (eri ripustimella) — *On an own base (with separate rack)*
Rauma-Repola LS 2		n. 160×200	3.3	n. 10 800,—	2.000	Omalla alustalla — *On an own base*
VAP 3	40	200×200	1.3	5 100,—	480	
CHEJ 41	45	200×250	1.5	n. 4 950,—	800	[1]
Bruks BS 2	50	180×200	2.2	5 000,—		
VAP 4	50	200×250	1.8	5 650,—	620	
CHEJ 41 a	75	250×300	2.2	7 000,—	2 000	[1]
Tähkä N:o 250	80	250×260	1.5	4 930,—		
Rauma-Repola LS 1		190×350	3.3	n. 13 250,—	3 100	Omalla alustalla — *On an own base*
Söderhamn 750—90 A	90	210×350	9	n. 21 800,—	4 800	Omalla alustalla — *On an own base*

[1] Seulaan kuuluu (myös hintaan) teräksinen, yläpuolinen ripustuskehys — *A top rack frame made out of steel belongs to the riddle (also to the same price).*

Liitetaulukko 6
Appendix Table 6

Kuorimakoneiden vertailutaulukko
Comparison of berking machines

Kuorimakone *Barking machine*	Kuorinta-alue, puiden *Range of barking*		Syöttönopeus m/min *Feeding velocity, m/min*	Moottorin teho hv *Effect of engine, HP*	Paino tn *Weight, tons*	Hinta moottoreineen mk (likimäärin) *Approx. price incl. engine 1966*	Myyjä *Seller*
	Pituus m *Length, m*	Paksuus tuumaa *Diameter, in.*					
Cambio 54	yli 1.8	3—21	25—42	30	4.2	47 000	Oy Bolinder Ab
Cambio 66	» 2.1	4—26	20—40	35	5.5	58 650	Oy Bolinder Ab
Cambio 66 Spartan..	» 3.0	4—26	25	20	4.9	48 000	
CHEJ 520	» 1.2	3—20	16—35	28	3.0	37 200	Machinery Oy
CHEJ 760	» 2.0	4—30	16—40	32	10.0	62 500	Machinery Oy
VAP	» 2.0	4—22	n. 15	15	2.3	26 850	V. Á. Pekkonen
VK 26	» 3.0	4—24	20—40	36	3.3	[1]) 35 000	Työväline Oy
VK 32	» 3.6	5—30	17—35	41	6.0	[1]) 55 000	Työväline Oy

[1]) Ilman syöttö- ja vastaanottokuljettimia. — *No feeding or receiving aggregates.*

Liitetaulukko 7
Appendix Table 7

Lastutuskoneiden
Results of chipping

	I/1	I/2
Puulaji — *Tree species*	M	M
Tukin koko j³ — *Log size, cu.ft.*	4.2	
Kokeen rimamäärä, kg — *Quantity of edgings of the experiment, kg*	127.75	122.35
Hakkeen kokonaissaanto kg — *Total yield of chips kg*	125.55	119.00
i-m³ — *loose cu.m.*	0.380	0.346
k-m³ — *solid cu.m.*	0.137	0.118
Paino %/rimapaino — *Weight percentage/weight of edgings*	98.2	97.0
Keittohakesaanto, kg — *Yield of chips for cookings, kg*	98.95	96.50
Paino %/seulottu — *Weight percentage/sifted*	82.1	85.4
Tilavuus — *Volume*		
1-m³ — *loose cu.m.*	0.300	0.280
k-m³ — *solid cu.m.*	0.108	0.095
Hakkeen tiheys vesikokeella — *Density of chip yield by xylometer measuring*	0.36	0.34
Kosteus % — *Moisture percentage*	102	118
Kuivapainon mukaan laskettu tiheys — *Density calculated on the basis of the dry weight*	0.37	0.36
Tiheys autokuormina — *Density in terms of truck loads*	0.34	0.41
Tikkusaanto — *Stick yield*		
Paino % — *Weight percentage*	10.1	5.6
Purusaanto — *Sawdust yield*		
Paino % — *Weight percentage*	7.5	9.2
Terien leikko mm — *Cutting depth of cutters mm*	17.0	
Hakkeen nimellispituus mm — *Nominal length of chips mm*	17.6	
Kokeen kestoaika sek. — *Duration of experiment sec.*	52	80
Lastutusteho, keittohaketta i-m³/h — *Yield of chips for cooking, loose cu.m../hr*	20.8	12.6
k-m³/h — *solid cu.m./hr*	7.5	4.3
Kokonaisenergian kulutus kWh — *Total energy consumption, kWh*	24.9	18.9
Energiankulutus kWh/kokonaismäärä i-m³ — *Energy consumption (kWh)/total yield, loose cu.m.*	0.9	1.2
kWh/k-m³ — *solid cu.m*	2.6	3.6
Energiankulutus kWh/keittohakemäärä i-m³ — *Energy consumption (kWh)/chip yield to be cooked loose cu.m*	1.2	1.5
kWh/k-m³ — *solid cu.m*	3.3	4.4
Leikkuukulma° — *Cutting angle*	75	

Koe I on suoritettu tylsillä terillä.
Koe II on suoritettu terävillä terillä alanumerot tarkoittavat toistoja

tulokset
experiments

				Hakkurin merkki — *Chipper type*			
Ari FLM 3				Bruks 1200 M		Karhula 1200/2	
I/3	II/1	II/2	II/3	I	II	I	II
M	M	M	M	K	K	M	K
				4.5	4.5	7.5	9.0
136.10	129.65	143.70	141.10	152.10	155.50	160.00	137.00
131.50	124.75	139.25	137.20	149.00	152.20	158.90	135.50
0.378	0.359	0.401	0.401	0.639	0.664	0.560	0.446
0.133	0.132	0.148	0.148	0.198	0.216	0.191	0.165
96.4	96.2	96.8	97.1	97.6	97.6	99.2	98.7
112.65	101.35	119.85	110.85	133.25	135.75	141.95	123.70
85.5	86.3	85.7	84.6	92.7	93.1	92.2	94.5
0.324	0.292	0.344	0.324	0.572	0.592	0.500	0.407
0.113	0.108	0.127	0.120	0.177	0.184	0.170	0.151
0.35	0,37	0.37	0.37	0,31	0,31	0,34	0.37
—	110	—	111	87	83	102	88
	0.37		0.36	0.33	0.33	0.32	0.42
	0.44		0.44	0.37	0.37	0.41	0.44
4.5	4.8	5.7	7.3	4.4	4.5	3.0	2.6
9.8	9.0	8.2	7.9	2.6	2.3	4.3	2.6
				17.5	17.5	20.0	20.0
				24.7	24.7	20.7	20.7
75	65	72	72	125	110	124	45
15.6	16.2	17.2	16.2	16.5	19.4	14.5	32.6
5.4	6.0	6.3	6.0	5.1	6.0	4.9	12.1
21.0	19.7	20.2	21.6	18.2	19.9	19.5	40.6
1.2	1.0	1.0	1.1	1.0	0.9	1.2	1.1
3.3	2.7	2.7	2.9	3.2	2.8	3.5	3.1
1.3	1.2	1.2	1.3	1.1	1.0	1.3	1.3
3.9	3.3	3.2	3.6	3.6	3.3	4.0	3.4
				45		75	

Liitetaulukko 7 jatkoa
Appendix Table 7

Lastutuskokeiden
Results of chipp-

	Karhula S 2000	
	I	II
Puulaji — *Tree species*	K	K
Tukin koko j³ — *Log size, cu.ft.*	3.8	3.8
Kokeen rimamäärä kg — *Quantity of edgings of the experiment, kg*	138.60	145.35
Hakkeen kokonaissaanto kg — *Total yield of chips kg*	134.00	143.90
i-m³ — *loose cu.m.*	0.591	0.574
k-m³ — *solid cu.m.*	0.183	0.204
paino %/rimapaino — *Weight percentage/weight of edgings*	96.6	98.8
Keittohakesaanto kg — *Yield of chips for cookings, kg*	113.20	126.86
Paino %/seulottu — *Weight percentage/sifted*	86.6	91.5
Tilavuus — *Volume*		
1-m³ — *loose cu.m.*	0.500	0.505
k-m³ — *solid cu.m.*	0.155	0.177
Hakkeen tiheys vesikokeella — *Density of chip yield by xylometer measuring*	0.31	0,25
Kosteys % — *Moisture percentage*	130	109
Kuivapainon mukaan laskettu tiheys — *Density calculated on the basis of the dryweight*	0.26	0.32
Tiheys autokuormina — *Density in terms of truck loads*	0.37	0.42
Tikkusaanto — *Stick yield*		
Paino % — *Weight percentage*	3.8	2.0
Purusaanto — *Sawdust yield*		
Paino % — *Weight percentage*	9.6	6.2
Terien leikko mm — *Cutting depth of cutters mm*	16	16
Hakkeen nimellispituus mm — *Nominal length of chips mm*	20.9	20.9
Kokeen kestoaika sek. — *Duration of experiment sec.*	50	47
Lastutusteho, keittohaketta i-m³/h — *Yield of chips for cooking, loose cu.m/hr*	36.0	38.5
k-m³/h — *solid cu.m/hr*	11.2	13.5
Kokonaisenergian kulutus kWh — *Total energy consumption, kWh*	36.2	31.6
Energiankulutus kWh/kokonaismäärä i-m³ — *Energy consumption (kWh)/total yield, loose cu.m.*	0.8	0.7
kWh/k-m³ — *solid cu.m*	2.7	2.1
Energiankulutus kWh/keittohakemäärä i-m³ — *Energy consumption (kWh)/chip yield to be cooked loose cu.m.*	1.0	0.8
kWh/k-m³ — *solid cu.m*	3.2	2.3
Leikkuukulma° — *Cutting angle*	50	

tuloksia, jatkoa
ing experiments

Hakkurin merkii — *Chipper type*							
Kotka 50		Pirkka 1200 S		Pirkka 1400 S		Söderhamn 711—60 A	
I	II	I	II	I	II	I	II
M	M	K	K	M	M	M	M
6.9	6.9	3.9	3.9	3.0		3.0	3.0
197.85	193.30	156.05	161.15	150.50	153.50	188.55	188.00
187.25	186.05	152.60	158.35	146.45	150.15	179.30	179.75
0,517	0.490	0.476	0.506	0.461	0.456	0.553	0.531
0,176	0.177	0.162	0.182	0.162	0.160	0.194	0.186
94.5	96.2	97.6	98.0	97.2	98.6	95.0	95.2
175.10	174.90	119.70	116.65	120.30	124.80	163.20	160.95
98.5	97.8	83.2	85.8	86.1	89.8	92.9	92.4
0.484	0.460	0.374	0.372	0.380	0.376	0.504	0.476
0.165	0.166	0.127	0.134	0.133	0.132	0.176	0.167
0.34	0.36	0.34	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35
156	144	149	121	123	132	136	133
0.32	0.40	0.34	0.37	0.32	0.33	0.31	0.33
0.41	0.43	0.41	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42
1.2	0.7	14.7	16.6	10.5	7.4	5.1	6.0
0.3	1.2	2.2	1.8	2.1	2.5	1.9	1.2
20.0	20.0	24.4	24.4			18	18
35.5	35.5	28.2	28.2	26.5		25.0	25.0
96	41	114	123	68	50	30	35
18.1	40.4	11.8	10.9	20.2	27.1	60.5	48.9
6.2	14.6	4.0	3.9	7.0	9.5	21.1	17.2
26.6	44.6	14.0	13.5	26.9	34.8	51.6	48.4
1.4	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1	0.8	0.9
4.0	2.9	2.7	2.5	3.2	3.0	2.2	2.5
1.5	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	0.9	1.0
4.3	3.1	3.5	3.5	3.8	3.7	2.4	2.8
51.1		60		60		45	

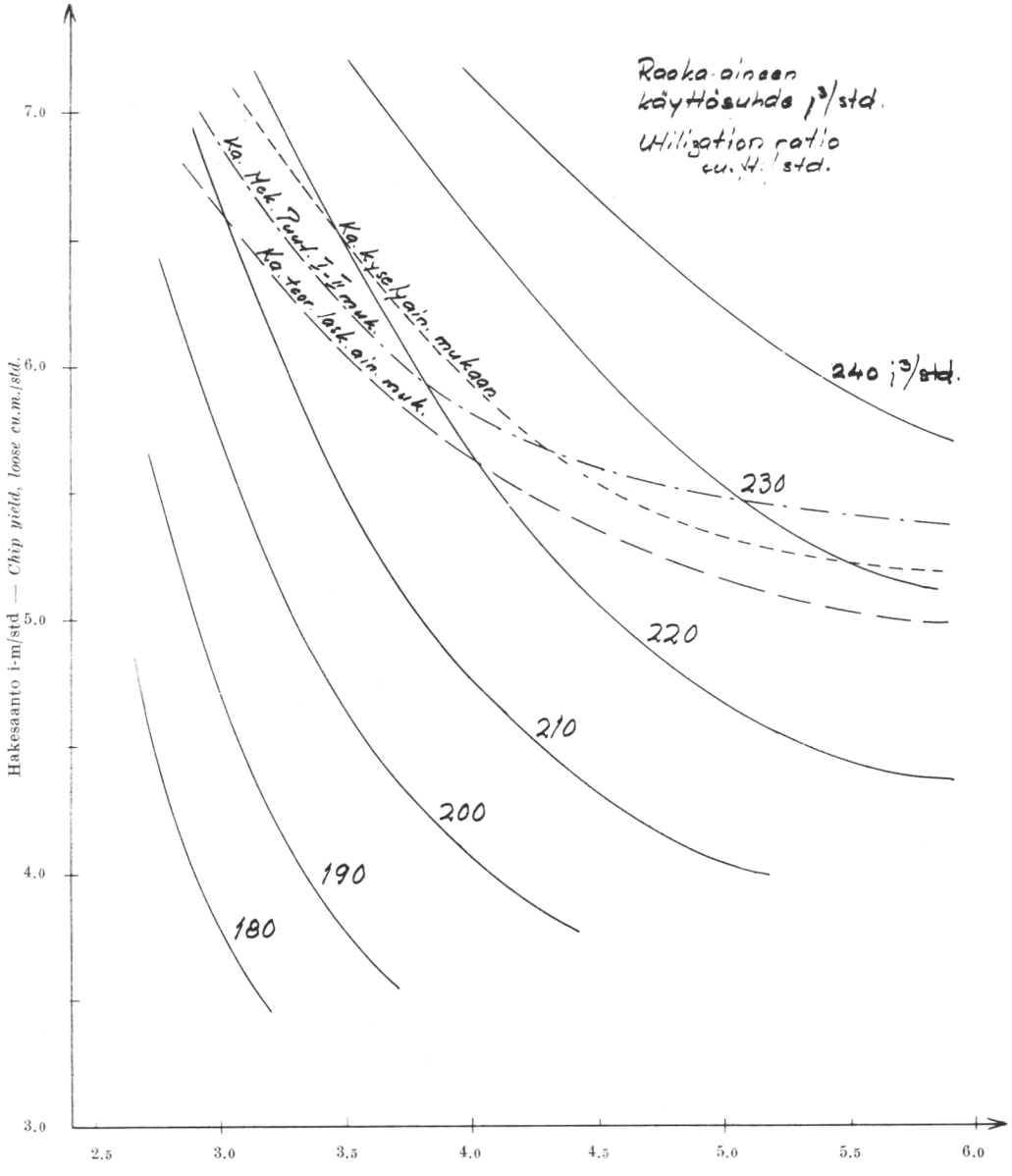
Liitetaulukko 8
Appendix Table 8

Lastutuskokeiden seulonta-analyysit
Sifting analyses of the chipping experiments

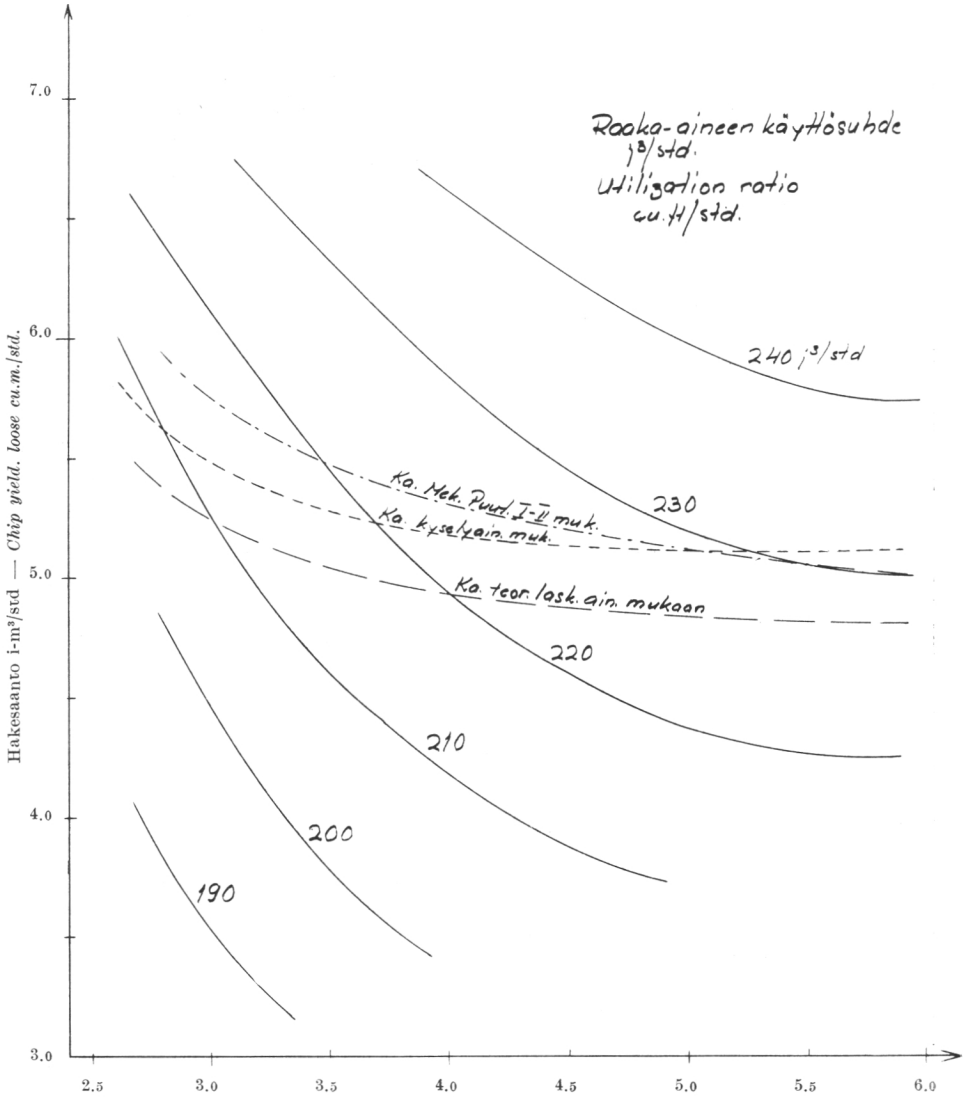
Hakkuri *Chipper*	Koe n:o *Experiment no.*	Lastujakeet % — *Fraction of chips*								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		yli 32 mm *over 32*	32—25 mm	25—19 mm	19—16 mm	16—13 mm	13—6 mm	6—3 mm	alle 3 mm *under 3 mm*	Yhteensä *In total*
Ari	I/1	5.1	12.5	21.6	14.3	13.6	26.0	4.7	2.2	100.0
	I/2	5.8	3.2	10.9	14.6	19.1	37.5	6.4	2.5	100.0
	II/1	3.5	5.6	16.7	15.5	19.1	31.9	5.7	2.0	100.0
	II/2	6.2	7.7	17.2	14.2	18.7	29.4	4.5	2.1	100.0
Bruks	I	1.3	5.4	25.3	15.6	18.6	30.1	2.9	0.8	100.0
	II	2.5	5.4	27.1	15.8	17.5	28.1	2.8	0.8	100.0
Karhula 1200/2	I	3.1	7.0	19.2	5.7	21.4	36.4	5.3	1.9	100.0
	II	1.0	6.1	26.4	17.4	18.0	26.0	3.5	1.6	100.0
Kotka 50	I	3.5	12.2	27.3	18.6	17.5	18.8	1.2	0.9	100.0
	II	4.0	14.4	22.0	17.7	16.9	21.9	2.2	0.9	100.0
Pirkka 1200 S	I	14.6	9.8	23.0	15.2	14.4	18.9	3.0	1.1	100.0
	II	19.5	16.0	22.8	12.8	11.3	14.7	2.1	0.8	100.0
Pirkka 1400 S	I	15.2	8.1	18.9	13.2	16.0	23.9	3.5	1.2	100.0
	II	7.9	8.0	22.0	16.2	17.7	23.5	3.5	1.2	100.0
Söderhamn 711—60A	I	3.9	10.5	25.3	16.6	17.5	23.8	1.7	0.7	100.0
	II	0.5	4.6	21.4	15.6	20.0	33.4	3.1	1.4	100.0

I Tylsillä terillä lastutettu. — *Chipping using dull cutters.*
II terävillä te,illä lastutettu. — *Chipping using sharp cutters.*

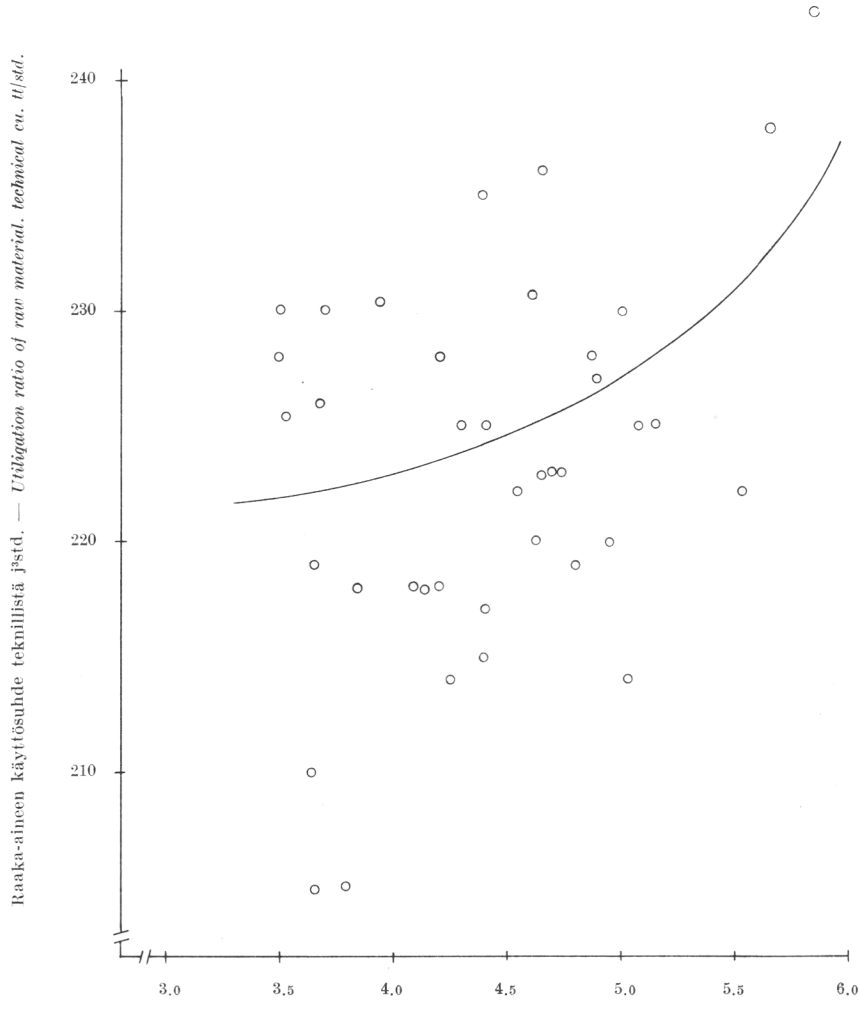
Liitepiirros 1. Hakesaanto tukin nimellisen keskikoon ja käyttösuhteen funktiona.
Appendix Figure 1. The chip yield as function of the average nominal length of logs and the utilization ratio.



Liitepiirros 2. Hakesaanto tukin todellisen keskikoon ja käyttösuhteen funktiona.
Appendix Figure 2. The chip yield as function of the actual mean volume and the utilization ratio.



Liitepiirros 3. Raaka-aineen käyttösuhde kyselyyn vastanneilla sahoilla.
Appendix Figure 3. Utilization ratio at the sawmills which replied to the guestionary.



VAIHTELUMALLEJA KUOREN PAINOSTA JA PAINOPROSENTISTA

PENTTI HAKKILA

VARIATION PATTERNS OF BARK WEIGHT
AND BARK PERCENTAGE BY WEIGHT

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

Alkusanat

Maassamme suoritetuille kuoren määrää selvitteleville tutkimuksille on ominaista toisaalta niiden kohdistuminen valmiiseen puutavaraan ja toisaalta kuoren määrän mittaaminen tilavuusprosentteina. Silmällä pitäen esille nousseita uusia ongelmia metsäntutkimuslaitoksessa katsottiin tarpeelliseksi suorittaa suuntaa-antava tutkimus kuoren määrästä tavanomaisesta poikkeavalla pohjalla. Puutavaralajien sijasta lähdettiin liikkeelle kokonaisista rungoista, ja kuoren tilavuuden sijasta kiinnitettiin pääasiallinen huomio kuoren kuivapainoon.

Tutkimus pantiin alulle keväällä 1966 metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla pienpuuvarojen turvin. Työn kulkua ohjasi sen eri vaiheissa tutkimusosaston päällikkö, professori Paavo Aro. Maisteri Olli Uusvaara ja ylioppilas Pertti Juvonen suorittivat kenttätyöt. Tutkimuksen myöhempiin vaiheisiin osallistuivat lisäksi metsätieteiden kandidaatti Teuri J. Salminen sekä ylioppilas Marja-Terttu Hakkiluoto, rouva Taija Havanto, ylioppilas Marjatta Hirvonen, rouva Aune Rytkönen merkonomi Evert Saviola ja ylioppilas Anneli Tuohiniemi.

Käsikirjoituksen tarkasti professori Paavo Aro tehden siihen parannuksia ja korjauksia. Työn kuluessa antoivat neuvoja lisäksi tohtori Olli Makkonen sekä metsänhoitajat Pentti Koivulehto ja Pentti Rikkonen. Aineiston tilastollinen käsittely tapahtui Valtion tietokonekeskuksessa.

Kaikille yllä mainituille lausun vilpittömät kiitokseni.

Helsingissä maaliskuussa 1967.

Pentti Hakkila

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

Käytetyt termit 5
1. Johdanto 6
2. Menetelmä 10
3. Aineisto 13
4. Tutkimuksen tulokset 15
41. Kuoren määrän vaihtelu rungon pituussuunnassa 15
411. Kuoren paksuus 15
412. Kuoren paino 18
413. Kuoren painoprosentti 21
42. Kuoren määrän vaihtelu runkojen välillä 24
421. Kuoren paino 24
422. Kuoren painoprosentti 26
5. Käytännöllisiä näkökohtia 29
6. Yhdistelmä 32
Kirjallisuutta 34
Summary in English 36

Käytetyt termit

$D_{1{\cdot}3}$ = rinnankorkeusläpimitta kuoren päällä.
Kuoren paino = kuoren paino absoluuttisen kuivana.
Kuoren painoprosentti = kuoren kuivapainon prosenttinen osuus kuoren ja puun yhteenlasketusta kuivapainosta.
Kuoren paksuus = kuoren yksinkertainen paksuus.
Kuoren tilavuus = kuoren tilavuus tuoreena mitattuna siten, että se sisältää ainoastaan kuoren todellisen tilavuuden mutta ei tyvikuoren uurteissa olevaa ilmatilaa (vrt. kuva 1).
Kuoren tilavuusprosentti = kuoren tilavuuden prosenttinen osuus kuoren ja puun yhteenlasketusta tilavuudesta.
Latvussuhde = elävän latvuksen pituus prosentteina puun koko pituudesta.
Rungon tilavuus = rungon kuorellinen tilavuus.

Terms used in the text

Bark weight = weight of oven-dry bark
Bark percentage by weight = proportion of bark weight as a percentage of the combined oven-dry weight of bark and adjacent wood.
Bark thickness = single bark thickness.
Bark volume = volume of green bark including the real volume of bark only but not the air space of the grooves in rough bark (cf. Figure 1).
Bark percentage by volume = proportion of bark volume as a percentage of the combined volume of bark and adjacent wood.
Dbh = breast height diameter above the bark.
Crown proportion = crown length as a percentage of the total tree length.
Stem volume = volume of the stem including bark.

1. JOHDANTO

Puutavaran sisältämän kuoren määrä on tapana ilmoittaa joko kuoren paksuutena tai yleisemmin kuoren tilavuusprosenttina. Viimeaikainen kehitys pienpuun käytön alalla on saattanut kuoriongelman kuitenkin uuteen valoon, kun myös kuorelle on alettu etsiä taloudellisesti kannattavaa käyttöä.

Olkoon lopullisena ratkaisuna kuoren käyttö polttoaineena, levyjen, sellun tai kemiallisten tuotteiden raaka-aineena tai vaikkapa maanparannusaineena, niin kaikissa näissä tapauksissa näyttää oleellisemmalta tuntea kuoren kuivapaino kuin sen tilavuus. Puutavaran mittauksen alalla kehitys kulkee samaan suuntaan, sillä puun korjuuta ratinalisoitaessa mittaustapahtuma muodostaa pullonkaulan, jonka poistamiseksi joudutaan kiinnittämään yhä enemmän huomiota myös puutavaran painomittauksen tarjoamiin etuihin.

Kuoren määrää selvitelleet tutkimukset ovat Suomessa kohdistuneet pääasiassa valmiiseen puutavaraan. On käytettävissä lukuja eri puutavaralajien kuoren tilavuusprosenteista (esim. A r o 1965), mutta vain vähäistä huomiota on sen sijaan kiinnitetty kuoren määrän vaihteluun kokonaisessa rungossa tai runkojen välillä. Milloin näitä seikkoja selvitteleviä tietoja on esitetty, ne ovat olleet muitten tutkimusten yhteydessä saatuja sivutuloksia.

Metsiemme sisältämän kuorellisen puun kuutiomäärästä on N y y s s ö s e n (1965) mukaan keskimäärin 16 % kuorta. Mänty- kuusi- ja koivurungon kuoren määrään vaikuttavat ainakin rungon läpimitta, pituus, kapeneminen ja ikä, latvuksen muoto ja laatu, puun asema metsikössä sekä kasvupaikan laatu ja maantieteellinen sijainti (I l v e s s a l o 1947). Puun koon kasvaessa kuoren absoluuttinen paksuus rinnankorkeudella lisääntyy kaikilla puulajeillamme, mutta männyn ja kuusen kuoren suhteellinen paksuus sen sijaan pienenee samanaikaisesti (A r o 1935). Kuoren määrän riippuvuutta puun koosta kuvaa seuraava lukusarja, joka edustaa runkomuodoltaan keskimääräisten puitten kuoren tilavuusprosenttia (I l v e s s a l o 1941).

Hyvällä kasvupaikalla puun kuori jää suhteellisesti ohuemmaksi kuin huonolla. Tämä ilmiö on erityisen voimakas kuusella, heikompi koivulla ja

Puulaji	Rinnakorkeusläpimitta kuoren päällä, cm 5	15	25	35
	Kuorta % kuorellisesta kuutiomäärästä			
Mänty	29	17	14	12
Kuusi	20	14	13	12
Koivu	18	16	14	14

vähäinen männyllä (I l v e s s a l o 1965). Kasvupaikan laadun vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun keskimääräiseen kuoriprosenttiin Ruotsissa on Ö s t l i n (1963 b) esittänyt seuraavan lukusarjan, jossa luokka I edustaa parasta, luokat IV ja V keskimääräistä sekä luokka VIII huonointa kasvupaikkaa.

Boniteettiluokka	Kuorta % kuorellisesta kuutiomäärästä
I	13
IV, V	17
VIII	24

Suomalaisen kuusen kuori muuttuu etelästä pohjoista kohti siirryttäessä paksummaksi, mutta männyn kohdalla on tilanne päinvastainen (I l v e s s a l o 1965). Saman suuntainen muutos tapahtuu myös Ruotsissa, missä männyn ja kuusen kuoriprosenteissa on suuria eroja maan eri osien välillä. Koivun kohdalla sen sijaan näyttävät erot olevan pienempiä (T a m m i n e n 1962 ja Ö s t l i n 1963 a).

Kuoren määrän vaihtelua saman rungon eri osissa ei ole maassamme tarkoin selvitetty. Koska kuori ohentuu tyvestä latvaa kohti, kuorettoman rungon kapeneminen on pienempi kuin kuorellisen (A r o 1935, T i i h o n e n 1961). Kuoren tilavuusprosentin muuttumista rungon pituussuunnassa on Ruotsissa selvitellyt T a m m i n e n (1962 ja 1964). Hänen tutkimuksissaan männyn kuoren tilavuusprosentti oli rungon tyvellä 20—30, laski aluksi latvaa kohti siirryttäessä alle 10 ja alkoi rungon puolivälistä ylöspäin noustaessa kasvaa uudelleen. Kuusella vastaavat muutokset olivat rungon tyvipäässä selvästi loivempia, mutta 70 %:n suhteellisen korkeuden yläpuolella kuoren tilavuusprosentti lisääntyi jyrkästi. Erään saksalaisen tutkimuksen mukaan kuusen kuoren tilavuusprosentti laskee hitaasti tyvestä rungon neljäsosakorkeudelle mutta kasvaa siitä lähtien käyttöosan loppuun saakka (E h 1961).

Eri puutavaralajien kuoren tilavuusprosenteista esitetyissä tiedoissa on runsaasti ristiriitaisuuksia. A r o (1935) toteaakin, että on vaikeata löytää kahta aineistoa, joissa kuoren paksuus ja määrä saataisiin saman suuruisiksi. Tämä aiheutuu paitsi kuoriprosentin vaihtelusta myös mittausmenetelmien erilaisuudesta. Yleisimmät menetelmät — kuoren osuuden mittaaminen poikkileikkauksesta, läpimitan määrittäminen mittasaksilla ennen ja jäl-

keen kuorimisen, ksylometri ja kuorimittari — johtavat erilaisiin tuloksiin. Erityisesti rosoisen tyvikuoren paksuuden ja tilavuuden mittaaminen tuottavat vaikeuksia.

Huomionarvoinen virhelähde on myös kuivumisesta aiheutuva kuoren kutistuminen, jonka johdosta kuoren tilavuus on kuivassa puutavarassa pienempi kuin tuoreessa. Tammisen (1962 ja 1964) tutkimuksissa saavutettiin eri paikkakunnilla seuraavia tuloksia, jotka osoittavat kuoren tilavuuden kutistumisen kosteuden laskiessa tuoreesta absoluuttisen kuivaksi.

Puulaji	Rungon osa	Kuoren tilavuuden kutistuminen, %
Mänty	tyvi	19—28
Mänty	90 %:n korkeus	51—64
Kuusi	tyvi	31—37
Kuusi	90 %:n korkeus	47—53

Mittaamalla kuoren määrä punnitsemalla vältytään edellä mainituilta häiritseviltä tekijöiltä. Kun on kysymys kuoren sisältämästä raaka-aineesta, tarvitaan tietoja nimenomaan kuoren kuivapainosta. Samoin on asianlaita puutavaran painomittauksen kohdalla, sillä puutavaran kosteus määritetään erikseen. Kuoresta selluloosateollisuudelle aiheutuvan haitan suuruutta kuvaa paremmin kuoren paino kuin sen tilavuus.

Kuoren kuivapainoon on toistaiseksi kohdistettu vain harvoja tutkimuksia. Virtanen (1962) ja Pehrson (1965) mainitsevat kokemusperäisiä lukuja eräitten puutavaralajien sisältämän kuoren kuivapainosta. Blossfeld, Haasemann, ja Wonka (1963) määrittivät Saksassa 4—7 cm:n paksuisen ohutpuun kuoriprosentin sekä kuivapainosta että tilavuudesta laskettuna. Männyllä painoprosentti oli 12.8 ja tilavuusprosentti 15.3. Kuusella vastaavat luvut olivat 12.5 ja 13.6. Voimakkaasti kaarnoittuneessa tyvikuoressa prosenttilukujen välinen ero oli suurempi kuin ohuessa kuoressa. Eräässä Etelä-Suomesta kerätyssä aineistossa kesän ajan metsävarastossa säilytettyjen ja siitä syystä kaarnakuoriaistuhojen kohteeksi joutuneitten paperipuitten kuoren kuivapaino oli männyllä 5.9 % ja kuusella 7.3 % kuorellisen puun kuivapainosta (Hakkila 1964). Alhaiset kuoriprosentit johtuivat siitä, että kaarnakuoriaiset olivat hävittäneet huomattavan osan sisäkuoresta. Koivupaperipuun painomittaukseen kohdistuneessa tutkimuksessa Tuovinen (1965) selvitteli myös kuoren painoa, mutta painoprosentit laskettiin tuoreesta puusta. Makkonen (1966) määritteli taskukuorinnassa jäljelle jääneen kuoren määrän prosentteina kuivapainosta. Tietoja kuoren tiheydestä on esittänyt Tamminen (1962 ja 1964).

Kun käsillä oleva tutkimus pantiin alulle, ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi kerätä heti ensimmäisessä vaiheessa laajaa aluetta edustavaa aineistoa, vaan tyydyttiin selvittelemään kuoren kuivapainon ja kuivapainoprosentin suuruutta, vaihtelua ja vaihtelun syitä rajoitetulla maantieteellisellä alueella. Tutkimuksen kohteiksi otettiin mänty, kuusi ja koivu. Näissä puitteissa asetettiin tehtäväksi seuraavia seikkoja selvittävien vaihtelumallien etsiminen.

1. Kuoren painon vaihtelu saman rungon eri osissa.
2. Kuoren painoprosentin vaihtelu saman rungon eri osissa.
3. Kuoren painon vaihtelu runkojen välillä.
4. Kuoren painoprosentin vaihtelu runkojen välillä.
5. Kuoren painoprosentin ja tilavuusprosentin välinen korrelaatio.

2. MENETELMÄ

Tutkimuksessa ei niinkään pyritty etsimään keskimääräisiä lukuja puussa olevan kuoren painosta ja painoprosentista, vaan pääasiallisena tavoitteena oli luoda malleja näitten seikkojen vaihtelusta saman rungon eri korkeuksilla ja runkojen välillä. Siten ei ollut välttämätöntä suorittaa koepuitten keruuta arpomalla.

Käytännöllisistä syistä päädyttiin metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueesta valittuun aineistoon, joka kerättiin erilaisilta kasvupaikoilta siten, että samasta metsiköstä otettiin yhtä puulajia ainoastaan 1—4 runkoa. Mukaan pyrittiin saamaan kaikkia ikäluokkia ja kasvunopeudeltaan erilaisia puuyksilöitä. Valituilta puilta edellytettiin, että ne olivat terveitä.

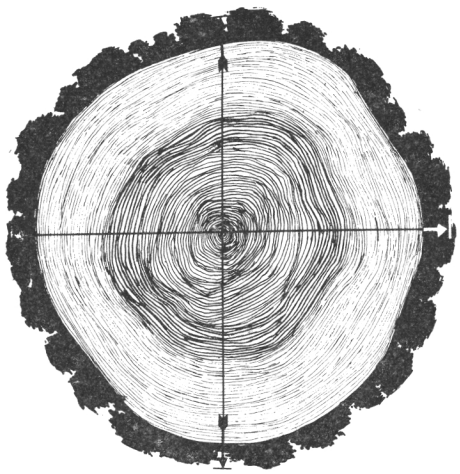
Koealakohtaisina tietoina määritettiin m.m. kasvupaikan laatu, metsikön puulajisuhteet, keski-ikä ja valtapituus sekä merkittiin muistiin huomautukset kuoren ulkonäöstä. Yksityisistä koepuista mitattiin ikä, rinnankorkeusläpimitta kuoren päältä, rungon pituus, elävän latvuksen pituus, latvuskerros sekä männyillä lisäksi hilsekuoren alarajan korkeus.

Jokaisesta koepuusta sahattiin kiekkoja tyvileikkauksesta lähtien metrin välein keskimäärin kolmen senttimetrin paksuiseen latvaan saakka. Tarvittaessa näytteenottokohtaa siirrettiin siten, että näyte aina otettiin oksattomasta puusta. Kiekon paksuudeksi pyrittiin saamaan silmävaraisesti 3—4 cm lukuun ottamatta rungon latvapäästä otettuja viimeisiä kiekkoja, jotka läpimitasta riippuen sahattiin paksummiksi näytteen painon lisäämiseksi.

Jokaisen kiekon kohdalla merkittiin muistiin, mitä puutavaralajia näyte edusti. Runkoja puutavaralajeiksi jaettaessa noudatettiin yleisessä käytännössä olevia laatuvaatimuksia. Tukkien minimiläpimitta oli 5″, paperipuitten 7 cm, ohutpaperipuitten 5 cm ja koivuhalkojen niinikään 5 cm.

Kiekon läpimitta määritettiin ristiin mitaten kuoren alta ja päältä tasaavin millimetrein. Rosokaarnaisten tyvikiekkojen läpimitta mitattiin kuoren päältä kuvassa 1 esitetyllä tavalla tasoittaen, jolla menetelmällä päädyttäneen ksylometrimittausta vastaavaan tulokseen.

Kiekot kuorittiin välittömästi mittauksen jälkeen. Kunkin kiekon kuori otettiin tarkoin talteen ja varastoitiin omaan muovipussiinsa. Laboratoriossa kiekot ja niitä vastaavat kuorierät punnittiin absoluuttisen kuivina



Kuva 1. Esimerkki rosoisen tyvikuoren paksuuden mittaustavasta.
Figure 1. An example of the measuring of the thickness of rough butt bark.

gramman sadasosan tarkkuudella. Punnitustuloksista laskettiin kuoren painoprosentti, jolla tarkoitetaan kuoren kuivapainon prosenttiosuutta kuoren ja puun yhteenlasketusta kuivapainosta. Käytettyjen termien määritelmät ovat sivulla 5.

Joka kymmenennestä mäntykiekosta erotettiin ulkokuori sisäkuoresta. Näistä kiekoista määritettiin sisäkuoren paksuus ja osuus koko kuoresta painoprosentteina.

Jakamalla kuoren kuivapaino kiekon millimetreissä mitatulla paksuudella saatiin kuoren paino grammoina rungon juoksumillimetriä kohti tietyllä näytteenottokorkeudella. Tämä suure on lukuarvoltaan täsmälleen sama kuin kuoren paino kiloina rungon juoksumetriä kohti. Kuoren juoksumetripainojen perusteella voitiin laskea koko rungon sisältämän kuoren kuivapaino kiloina. Tällöin jäi kuitenkin ottamatta huomioon läpimitaltaan alle kolmen senttimetrin paksuisen latvaosan kuori, jonka painon jäljempänä esitettävät piirrokset osoittavat kokonaisuuden kannalta merkityksettömäksi.

Kuoren paksuuden, painon ja painoprosentin rungon pituussuunnassa tapahtuvaa vaihtelua esittävät kuvaajat on piirretty silmävaraisesti tasoittaen. Regressioanalyysin käyttö näet edellyttää muun muassa, että havaintojen hajonta on regressiokäyrän kaikissa osissa oleellisesti yhtä suuri ja jakautumaltaan normaali ja havainnot toisistaan riippumattomia. Kiekoittainen tutkimusaineisto ei kuitenkaan täyttänyt näitä ehtoja.

Rungoittainen aineisto sen sijaan voitiin käsitellä regressioanalyysillä. Selitettävinä muuttujina olivat kuoren paino ja painoprosentti, selittävinä

taas kiekoista ja rungoista mitatut havainnot sekä niistä tehdyt erilaiset transformaatiot.

Aineiston tilastollinen käsittely tapahtui Valtion tietokonekeskuksen Elliott 503-koneella. Käytetty kirjasto-ohjelma suorittaa vaiheittaisen, valikoivan regressioanalyysin siten, että mallin sidonnaisuusaste on säädeltävissä. Selittäjiä malliin lisättäessä oli F:lle asetettu minimiarvo 4.00.

Tulosten käytännöllisenä sovellutuksena esitetään puutavaralajeittaisia tietoja. Niitä ei ole tarkoitettu yleispäteviksi kuoriprosenteiksi, koska aineiston suppeus, keruutapa ja rajoittuminen yhteen paikkakuntaan eivät siihen oikeuta. On kuitenkin katsottu, että niitten esittäminen helpottaa vertailuja eri puutavaralajien kuoren määrästä sekä erityisesti laskelmia siitä, mitä määrätyn puutavaralajin ennestään tunnettu kuoren tilavuusprosentti on painoprosentiksi muunnettuna.

3. AINEISTO

Tutkimusaineisto kerättiin kesällä 1966 metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueesta. Tutkittavat puulajit olivat mänty *(Pinus silvestris* L.), kuusi *(Picea abies* (L.) Karst.) ja koivu, joka sisälsi sekä rauduskoivun *(Betula verrucosa* Ehrh.) että hieskoivun *(Betula pubescens* Ehrh.). Aineiston suuruus selviää taulukosta 1.

Taulukko 1. Koepuitten ja -kiekkojen lukumäärä
Table 1. Number of sample trees and disks.

Puulaji — *Species*	Runkoja, kpl *Number of stems*	Kiekkoja, kpl *Number of disks*
Mänty — *Pine*	47	647
Kuusi — *Spruce*	50	632
Koivu — *Birch*	20	295
Yhteensä — *Total*	117	1 574

Koivuista oli puolet raudus- ja puolet hieskoivuja. Kun kummastakin puulajista tutkittiin vain kymmenen yksilöä ja kun niitten ikäluokka- ja kokojakautumat poikkesivat toisistaan, ei ollut tarkoituksenmukaista käsitellä raudus- ja hieskoivuja erikseen. Osittain tämän seurausta kuitenkin lienee, että rungoittaisessa analyysissä selittämättä jäänyt kuoren painon ja painoprosentin vaihtelu on koivulla suurempi kuin havupuilla. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa olisi rauduskoivu ja hieskoivu käsiteltävä erillisinä aineistoina.

Taulukko 2. Koepuitten keskimääräiset mitat ja ominaisuudet
Table 2. Average measurements and properties of sample trees

Ominaisuus *Property*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Koivu *Birch*
Ikä, vuotta — *Age, years*	59	71	63
Pituus, m — *Length, m*	14.9	13.4	16.3
$D_{1.3}$, cm — *Dbh, cm*	15.3	13.5	14.4
Latvussuhde, % — *Crown proportion, per cent*	43.0	61.8	46.7
Tilavuus, m^3 — *Volume, cu.m*	0.166	0.138	0.148

Koepuitten keskimääräiset mitat ja ominaisuudet nähdään taulukosta 2. Kuten menetelmäluvussa on mainittu, aineistoon pyrittiin saamaan erikokoisia runkoja, jotka olivat peräisin erilaisilta kasvupaikoilta. Täydennyksenä taulukossa esitettyihin keskiarvotietoihin mainittakoon koepuitten iän ja pituuden vaihteluvälit.

Puulaji	Ikä, vuotta Vaihteluväli	Pituus, m Vaihteluväli
Mänty	20—115	6—24
Kuusi	25—133	5—25
Koivu	19—105	7—22

Koepuitten pituusjakautuma oli vaihteluvälin eri osissa verraten tasainen, niin että aineiston pääosa voitiin sijoittaa kolmeen pituusluokkaan, jotka olivat seuraavat:

Luokan rajat, m	Luokan keskiarvo, m
7.6—12.5	10.0
12.6—17.5	15.0
17.6—22.5	20.0

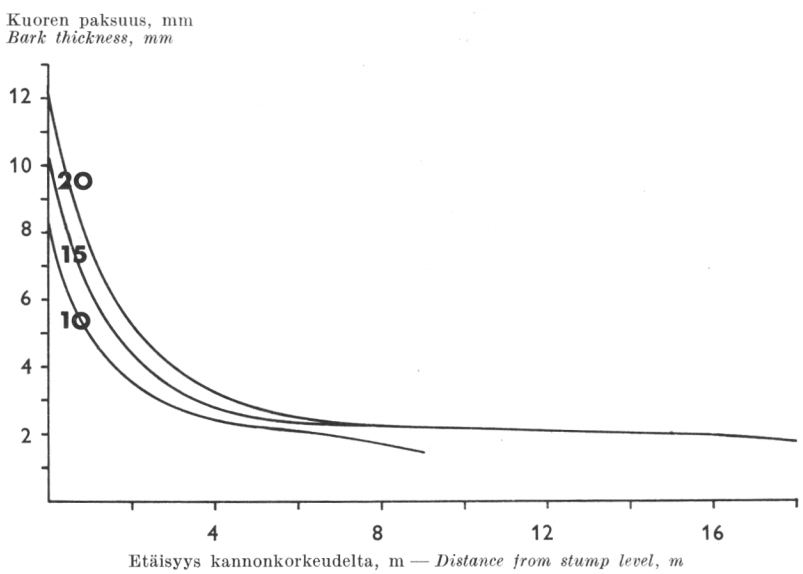
Kuhunkin ryhmään langennut aineisto oli määrältään samaa suuruusluokkaa lukuun ottamatta koivuja, joita oli lyhyitten puitten ryhmässä vain kolme kappaletta. Kun eräissä tutkimustuloksia esittävissä piirroksissa on käytetty vastaavaa luokkajakoa, koivujen kohdalla on tästä syystä jätetty kymmenen metrin pituista runkoa edustava malli pois.

4. TUTKIMUKSEN TULOKSET

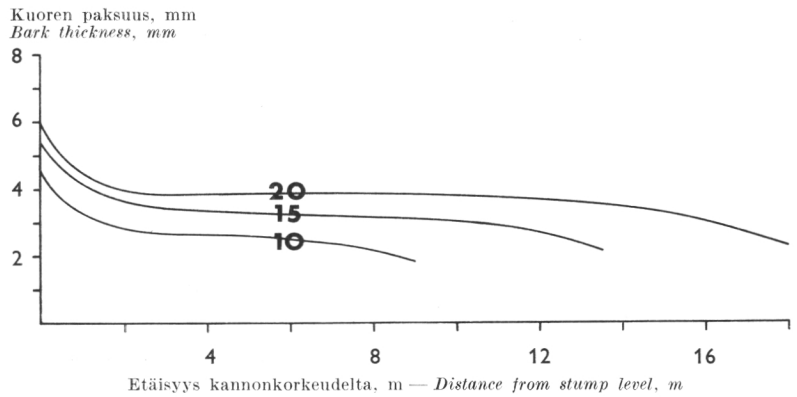
41. Kuoren määrän vaihtelu rungon pituussuunnassa

411. Kuoren paksuus

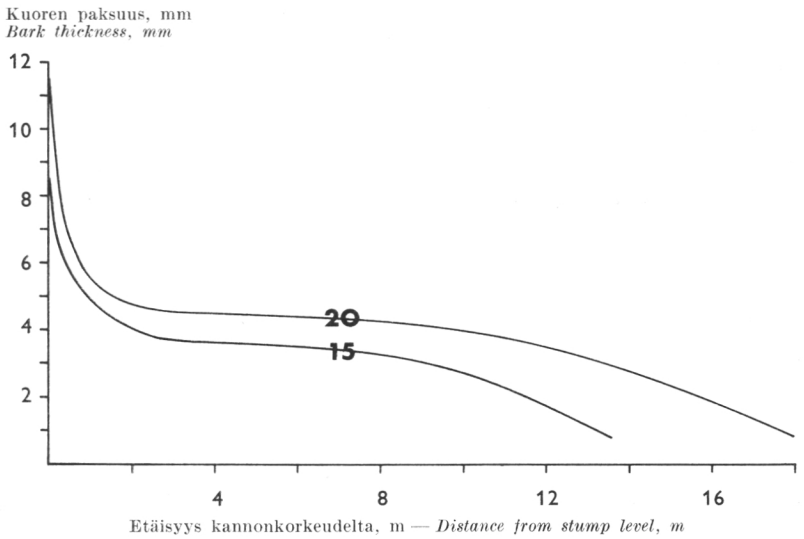
Kuoressa erotetaan kaksi osaa, kuollut ulkokuori ja elävä sisä- eli nilakuori. Edellisen tärkein tehtävä on suojata sisäpuolellaan olevia nila- ja puusolukoita. Puun maanpäällisen osan tyvessä kuori on vanhinta ja rungon alempien osien suojantarve suurin, minkä vuoksi ulkokuori on kaikilla puulajeilla paksuin rungon alaosassa. Sisäkuoressa tapahtuu yhteyttämistuotteitten kuljetus lehdistä puun muihin osiin. Tämän johdosta sisäkuori ei voi ulkokuoren tavoin ohentua latvaa kohti, vaan sen paksuus on lähes muuttumaton kautta koko rungon.



Kuva 2. Kuoren paksuus millimetreinä 10, 15 ja 20 metrin pituisen mäntyrungon eri korkeuksilla.
Figure 2. Bark thickness in millimeters at different heights of 10, 15 and 20 m pine stems.



Kuva 3. Kuoren paksuus millimetreinä 10, 15 ja 20 metrin pituisen kuusirungon eri korkeuksilla.
Figure 3. Bark thickness in millimeters at different heights of 10, 15 and 20 m spruce stems.



Kuva 4. Kuoren paksuus millimetreinä 15 ja 20 metrin pituisen koivurungon eri korkeuksilla.
Figure 4. Bark thickness in millimeters at different heights of 15 and 20 m birch stems.

Ulkokuoren ohentumisen seurauksena kuoren kokonaispaksuus pienenee tyvestä latvaa kohti, kuten 10, 15 ja 20 metrin pituisia puita edustavat vaihtelumallit kuvissa 2—4 osoittavat. Käyrät ovat luotettavimpia rungon latvaosissa, missä kuoren paksuuden vaihtelu sekä saman rungon sisällä että runkojen välillä on pienin.

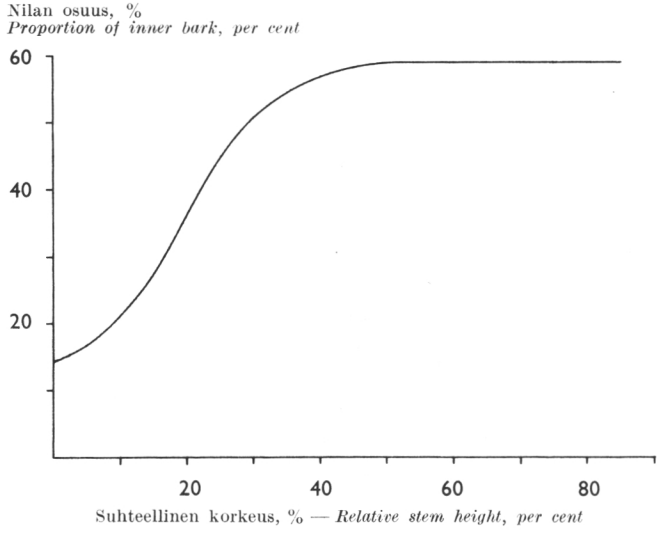
Männyn paksu rosokaarna ohenee nopeasti muutaman metrin matkalla tyvestä latvaa kohti, kunnes se muuttuu ohueksi hilsekuoreksi. Tämä muutoskohta, josta ruotsinkielisessä kirjallisuudessa käytetään nimitystä

»barkpunkt», sattui tutkimusaineistossa 10 metrin pituisessa männyssä keskimäärin 2.5 metrin korkeudelle, 15 ja 20 metrin pituisessa puussa vastaavasti 3.6 ja 5.2 metrin korkeudelle. Hilsekuoren alueella männyn kuoren paksuus pysyy miltei muuttumattomana latvan ylintä kärkeä lukuun ottamatta. Hilsekuoren paksuus on tutkimusaineistossa keskimäärin 2—3 mm, josta nilan osuus on 1—2.5 mm.

Kuusella kuoren paksuus vaihtelee puun pituussuunnassa vähemmän kuin männyllä. Rungon tyvessä kuusen kuori on selvästi ohuempi, mutta jo 3—4 metrin korkeudelta lähtien paksumpi kuin samankokoisen männyn.

Aineiston vähäisyyden vuoksi kaikki koivut joudutaan tässä tutkimuksessa käsittelemään yhtenä ryhmänä, vaikka rauduskoivun kuoren paksuus on todennäköisesti erilainen kuin hieskoivun. Raudus- ja hieskoivun keskimääräinen kuoren paksuus on tyven läheisyydessä männyn ja kuusen kuoren paksuuden välillä, rungon keskiosissa suurempi ja latvassa selvästi pienempi kuin havupuilla.

Koska ulkokuori ohentuu ja sisäkuoren paksuus pysyy ennallaan tyvestä latvaa kohti, sisäkuoren suhteellinen osuus kasvaa vastaavasti. Tästä on esimerkkinä kuva 5, joka osoittaa männyn sisäkuoren painon prosenttiosuuden sisä- ja ulkokuoren yhteispainosta rungon eri korkeuksilla. Sisä- ja ulkokuoren keskinäisellä suhteella on tärkeä merkitys kuoren käytön kannalta, sillä nämä kaksi kuorivyöhykettä ovat kokoomukseltaan ja ominaisuuksiltaan erilaiset. Muitten puulajien sisäkuoren osuudesta ei tehty havaintoja, mutta tiedetään, että sisäkuori on kuusella paksumpi kuin männyllä (A l v å n g 1965, J u s t s u k 1965).

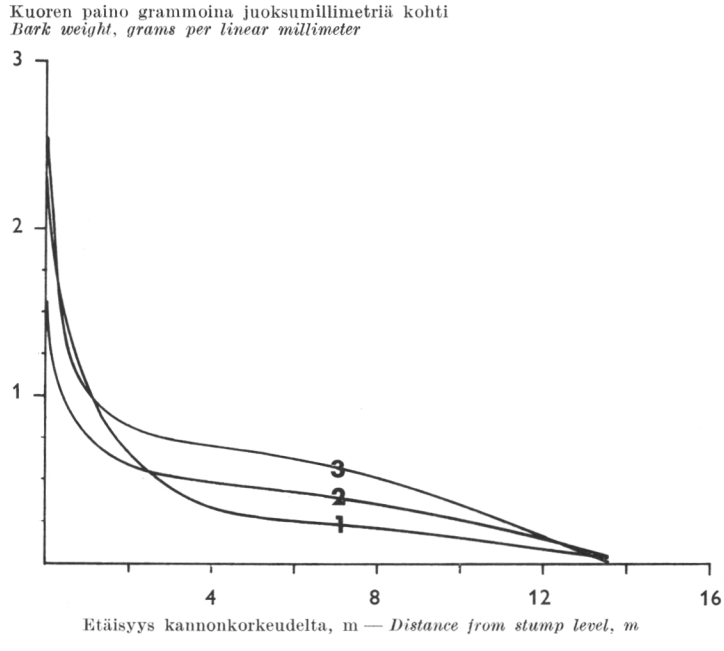


Kuva 5. Nilaosan paino prosentteina koko kuoren painosta mäntyrungon eri korkeuksilla.
Figure 5. Weight of inner bark in per cent of total bark weight at different heights of pine stem.

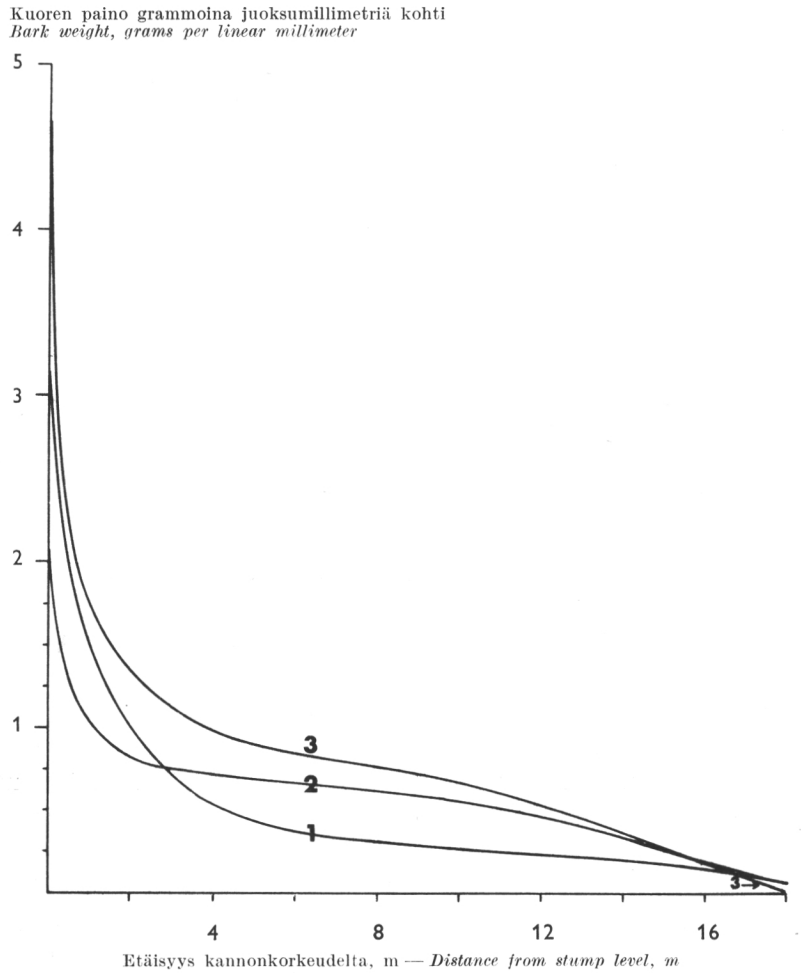
412. Kuoren paino

Kuoren paino tietyllä korkeudella rungossa riippuu useasta eri tekijästä, ensinnäkin rungon koosta ja muodosta. Seuraavassa otetaan tarkastelun kohteiksi 15 ja 20 metrin pituiset mänty-, kuusi- ja koivurungot. Kuoren painoon vaikuttavat oleellisesti myös kuoren paksuus ja keskimääräinen tiheys, joka riippuu erityisesti sisä- ja ulkokuoren keskinäisestä suhteesta. Tammisen (1962) tutkimuksissa kuoren tiheys oli mäntyrungon eri korkeuksilla 250—320 kg/k-m³ vaihdellen siten, että se laski hitaasti tyvestä rungon keskivaiheille mutta alkoi sen jälkeen uudelleen lisääntyä. Kuusella kuoren tiheys oli puun tyvessä korkea, graafisen piirroksen mukaan 400—450 kg/k-m³, mutta latvassa vain 300 kg/k-m³ (Tammisen 1964). Tällöin tiheys oli määritetty siten, että se osoitti kuoren kuivapainon tuoreessa tilassa mitattua kuoren kiintokuutiometriä kohti.

Rungon koon ja muodon, kuoren paksuuden sekä kuoren tiheyden yhteisvaikutuksen tuloksina syntyvät kuvat 6 ja 7, jotka osoittavat kuoren kuivapainon grammoina rungon juoksumillimetriä kohti 15 ja 20 metrin pituisten puitten eri korkeuksilla. Käytännön toimille läheisempi on kuoren kuivapaino kiloina rungon juoksumetriä kohti, joka yksikkö on lukuarvoltaan



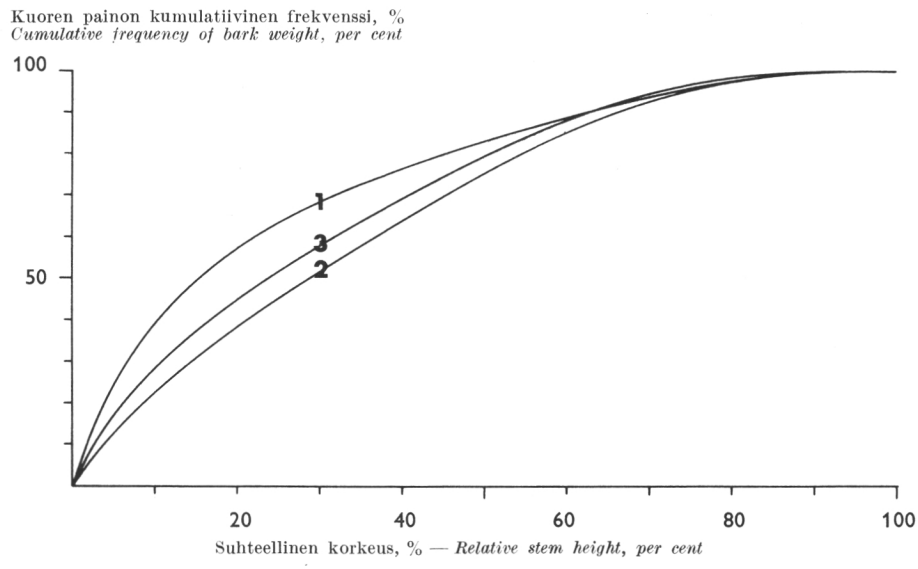
Kuva 6. Kuoren paino grammoina rungon juoksumillimetriä kohti 15 metrin pituisen mänty- (1), kuusi- (2) ja koivurungon (3) eri korkeuksilla.
Figure 6. Bark weight in grams per linear millimeter at different heights of 15 m pine (1), spruce (2) and birch (3) stems.



Kuva 7. Kuoren paino grammoina rungon juoksumillimetriä kohti 20 metrin pituisen mänty- (1), kuusi- (2) ja koivurungon (3) eri korkeuksilla.
Figure 7. Bark weight in grams per linear millimeter at different heights of 20 m pine (1), spruce (2) and birch (3) stems.

täsmälleen sama kuin edellä mainittu. Kuvat voidaan niin ollen tulkita myös siten, että ne osoittavat tietyltä kohdalta rungosta tehdyn metrin pituisen pölkyn sisältämän kuoren kuivapainon. Tällöin päädytään seuraavaan asetelmaan, joka osoittaa 20 metrin pituisten runkojen eri korkeuksilta otettujen pölkkyjen kuorimäärän.

Puulaji	Yksimetrisen pölkyn järjestysnumero rungossa					
	1	2	4	8	12	16
	Pölkyn sisältämän kuoren paino, kg					
Mänty	2.06	1.23	.62	.33	.24	.16
Kuusi	1.37	.91	.73	.63	.49	.23
Koivu	2.43	1.53	1.05	.78	.57	.24



Kuva 8. Männyn (1), kuusen (2) ja koivun (3) kuoren painon prosenttista jakautumista 12. 6—22. 5 metrin pituisessa rungossa osoittavat kumulatiiviset frekvenssikäyrät.
Figure 8. Cumulative frequency curves of the percentile distribution of bark weight in 12. 6—22. 5 m pine (1), spruce (2) and birch (3) stems.

Käyttämällä kuvien 6 ja 7 asteikkojen sijasta sekä vaaka- että pystyakselilla prosenttiasteikkoa vapaudutaan puun koon vaikutuksesta, jolloin kuoren painon jakautuminen rungon eri osiin voidaan esittää yleisluonteisena mallina puulajeittain. Päädytään kuvaan 8, joka soveltuu parhaiten pituudeltaan 12.5—22.5 metrin puille.

Erityisesti mäntyrungossa kuori keskittyy puun tyveen. Pölkky, jonka pituus on 20 % puun koko pituudesta, sisältää männyllä 57, kuusella 38 ja koivulla 45 % puun kuoren kokonaispainosta. Seuraava asetelma osoittaa, miten monta prosenttia eripituisten runkojen kuoresta jää neljän metrin mittaiseen tyvipölkkyyn.

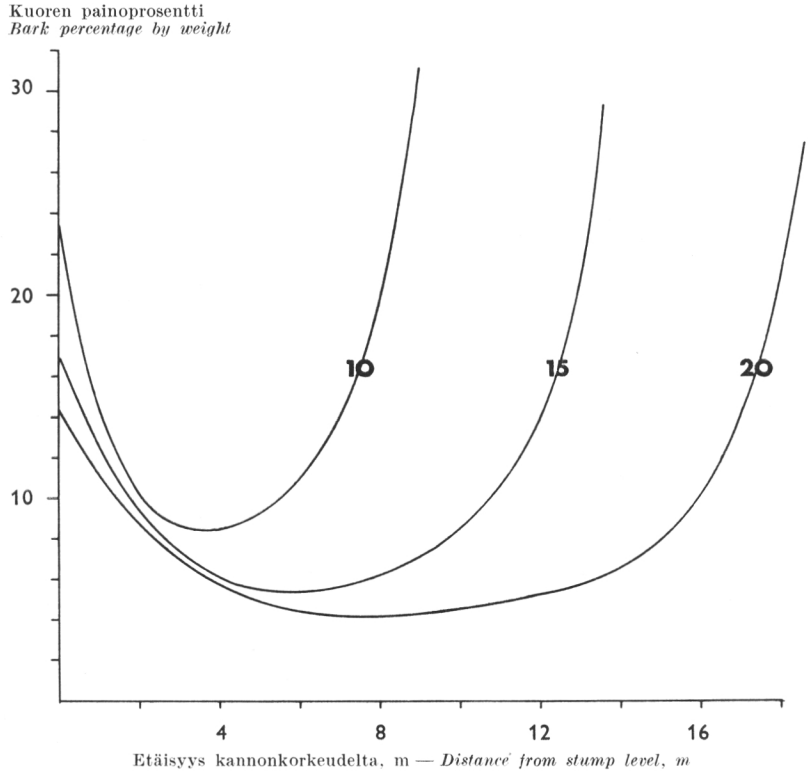
Puulaji	Puun pituus, metriä		
	10	15	20
	4-m tyvipölkyn kuoren paino, % koko puun kuoren painosta		
Mänty	76	68	57
Kuusi	63	52	38
Koivu	69	57	45

Koska suuri osa mäntyrungon kuoresta on tyvessä, pelkästään nelimetristen tyvipölkkyjen kuorimisella voidaan poistaa kaksi kolmasosaa paperipuun sisältämästä kuoresta. Tärkeätä on, että sellua valmistettaessa haitallinen paksu tyvikaarna saadaan pois lähes kokonaan, vaikka muut pölkyt jätetään kuorimatta.

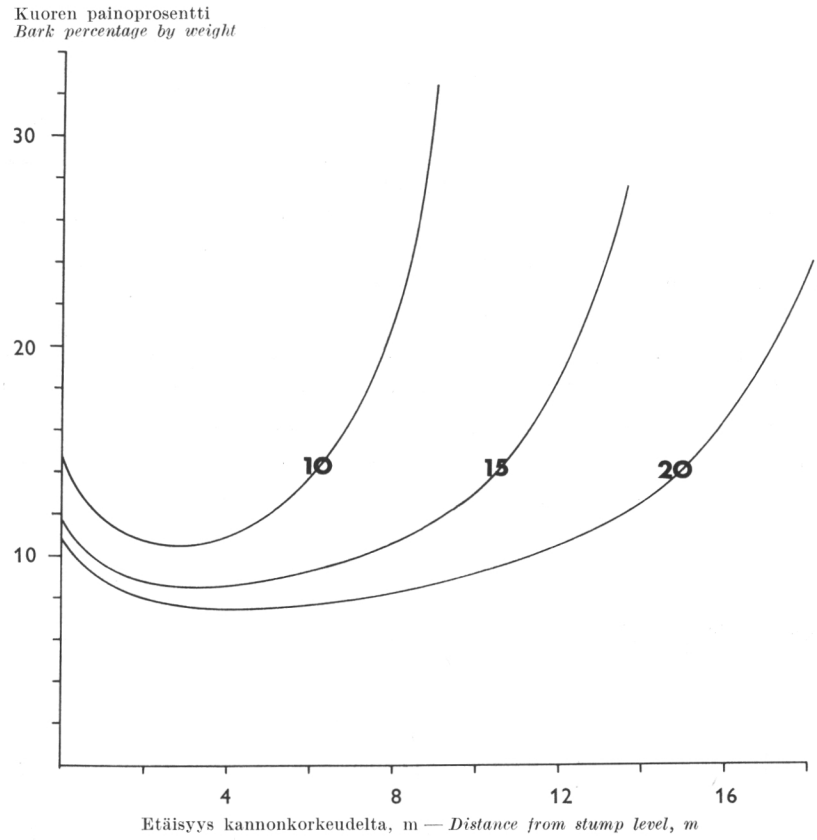
413. Kuoren painoprosentti

Kuoren painoprosentin vaihtelu rungon eri osissa riippuu toisaalta kuoren ja toisaalta sitä vastaavan puun painon vaihtelusta. Puun painon puolestaan ratkaisevat rungon tilavuus ja puuaineen tiheys. Männylle, kuuselle, rauduskoivulle ja hieskoivulle on ominaista, että puuaineen tiheys laskee tyvestä latvaa kohti. Kuusi on kuitenkin sikäli poikkeuksellinen, että rungon ylimmissä osissa sen puuaineen tiheys alkaa jälleen kohota. Jyrkin muutos tapahtuu männyllä, jonka puuaineen tiheys on rungon tyvessä 20—30 % korkeampi kuin latvassa (H a k k i l a 1966).

Kuoren ja puun painon rungon pituussuunnassa tapahtuvien muutosten yhteisvaikutus ilmenee kuoren painoprosentin muutoksena, jota kuvat 9—11 esittävät. Eripituisia puita edustavien käyrien perusmuoto on puulajeittain sama, mutta lyhyessä rungossa kuoren painoprosentti on korkeampi ja muuttuu jyrkemmin kuin pitkässä rungossa.



Kuva 9. Kuoren painoprosentti 10, 15 ja 20 metrin pituisen mäntyrungon eri korkeuksilla.
Figure 9. Bark percentage by weight at different heights of 10, 15 and 20 m pine stems.

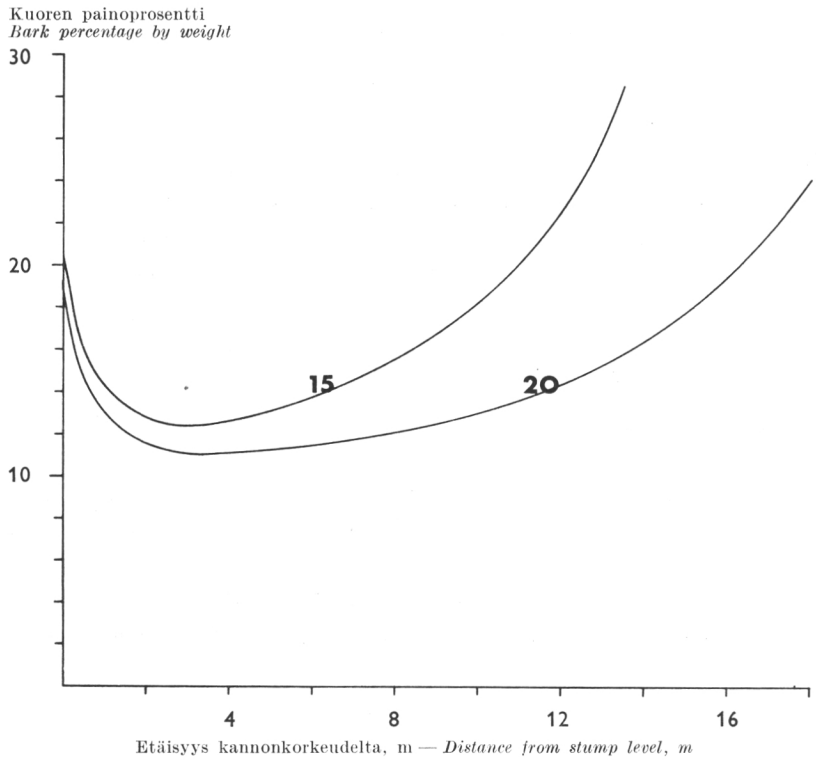


Kuva 10. Kuoren painoprosentti 10, 15 ja 20 metrin pituisen kuusirungon eri korkeuksilla.
Figure 10. Bark percentage by weight at different heights of 10, 15 and 20 m spruce stems.

Kaikkien puulajien kuoriprosentti laskee tyvestä ylöspäin noustaessa, männyllä keskimäärin noin 40 %:n ja kuusella ja koivulla noin 20 %:n korkeudelle saakka. Sen jälkeen kuoriprosentti alkaa uudelleen nousta, aluksi hitaasti mutta vähitellen yhä nopeammin.

Kuusen kuoriprosentti on tyvessä selvästi pienempi kuin männyllä, mutta jo 15 %:n suhteellisella korkeudella vastaavat männyn ja kuusen käyrät leikkaavat toisensa. Sen yläpuolella kuusen painoprosentti on korkeampi kuin männyn, niin että vasta latvuksen ylimmässä, hakkuutähteiksi jäävässä osassa käyrät jälleen tavoittavat toisensa.

Lukuun ottamatta ylintä latvusta koivun kuoren painoprosentti on kautta koko rungon korkeampi kuin havupuilla. Näin on siitäkin huolimatta, että puuaine, johon kuoren painoa verrataan, on koivulla huomattavasti raskaampaa (vrt. Hakkila 1966, sivu 42). Stemsrud ja Gudim (1962) ovat esittäneet koivun kuoren painosta lukuja, joitten avulla voidaan



Kuva 11. Kuoren painoprosentti 15 ja 20 metrin pituisen koivurungon eri korkeuksilla.
Figure 11. Bark percentage by weight at different heights of 15 and 20 m birch stems.

laskea kuoren painoprosentti rungon eri korkeuksilla heidän aineistossaan. Saadut luvut ovat suuressa määrin kuvan 11 mukaisia.

Kuusella ja koivulla kuoren paino- ja tilavuusprosentit poikkeavat rungon eri osissa vain vähän toisistaan, mutta männyllä niitten välinen ero on huomattava. Seuraava asetelma osoittaa paino- ja tilavuusprosenttien suhteen tutkimusaineiston mänty-, kuusi- ja koivurunkojen eri osissa.

Puulaji	Rungon osa		
	Alin kolmannes	Keskiosa	Ylin kolmannes
	Painoprosentti/Tilavuusprosentti		
Mänty	.76	.78	.89
Kuusi	.98	.95	.96
Koivu	1.03	1.06	1.07

Rungon eri osissa kuoren painoprosentti on kuusella vähän pienempi ja koivulla taas vähän suurempi kuin tilavuusprosentti. Männyllä painoprosentti on huomattavasti pienempi, mutta tyvestä latvaa kohti siirryttäessä — tyven rosokaarnan muuttuessa hilsekuoreksi ja puuaineen tiheyden samanaikaisesti laskiessa — näitten eri pohjilta määritettyjen kuoriprosenttien erotus pienenee.

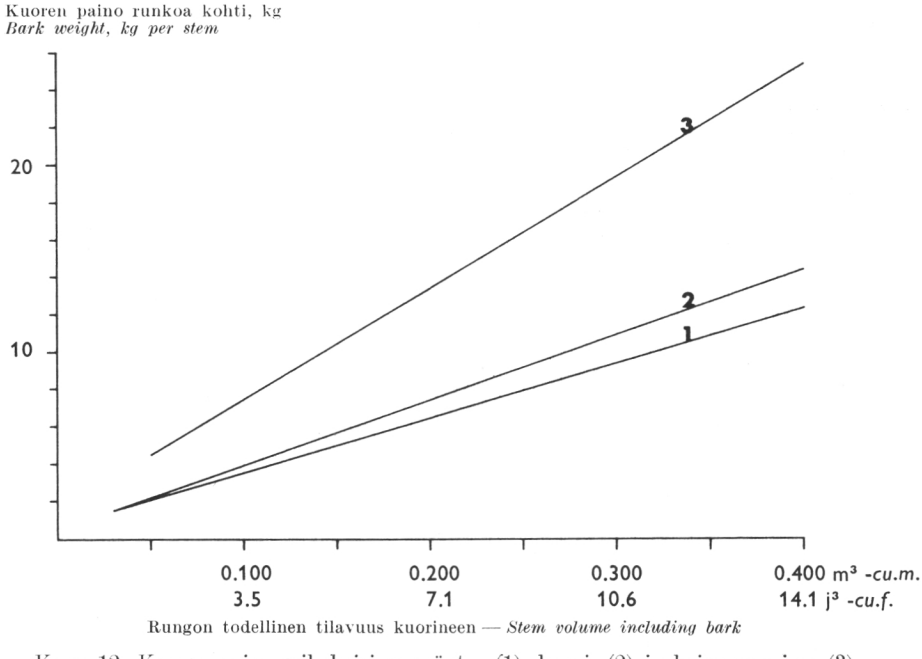
42. Kuoren määrän vaihtelu runkojen välillä

421. Kuoren paino

Rungon sisältämän kuoren painon ja rungon tilavuuden välillä vallitsee korrelaatio, jota voidaan kuvata suoralla viivalla. Seuraavia regressioyhtälöitä, joissa Y tarkoittaa kuoren painoa kiloina ja X kuorellisen rungon tilavuutta kuutiometreinä, voidaan soveltaa X:*n* arvoilla 0.05—0.40 m³.

Puulaji	Regressioyhtälö	S	R
Mänty	$Y = 0.72 + 28.9\,X$	1.20	.9518
Kuusi	$Y = 0.55 + 34.8\,X$	1.04	.9710
Koivu	$Y = 1.47 + 59.7\,X$	1.72	.9448

Yhtälöitten perusteella piirretty kuva 12 osoittaa, että tilavuudeltaan yhtä suurista rungoista koivu sisältää kaksi kertaa niin paljon kuoriainetta kuin mänty. Myös kuusessa on enemmän kuorta kuin männyssä, mutta näitten puulajien välinen ero on pieni. Koivun havupuita suurempi kuorimäärä on seuraus paksummasta kuoresta ja suuremmasta kuoriaineen tiheydestä.



Kuva 12. Kuoren paino erikokoisissa mänty- (1), kuusi- (2) ja koivurungoissa (3)
Figure 12. Bark weight in pine (1), spruce (2) and birch (3) stems of different size.

Taulukosta 3 nähdään, miten suuri osa kokonaisen rungon sisältämän kuoren painon vaihtelusta on voitu selittää erilaisten runkoa kuvaavien suureitten avulla. Useista tutkituista selittäjistä vain taulukossa esiintyvät ovat peräkkäin lisättyinä merkitsevästi suurentaneet selitetyn varianssin osuutta, kun F:lle on asetettu minimiarvo 4.00. Parhaat selittäjät ovat luonnollisesti puun kokoa kuvaavat rungon kuorellinen tilavuus sekä kuoren päältä määritetyn rinnankorkeusläpimitan neliö, joka edustaa poikkileikkauspinta-alaa rinnankorkeudella. Kaikkien puulajien kohdalla esiintyy lisäksi ikä joko yksinään tai sitten tilavuuden tai pituuden jakajana, jolloin on kysymys myös kasvunopeudesta. Ainoastaan männyllä kokeiltiin selittäjänä paksukaarnaisen tyviosan suhteellista pituutta puun koko pituuteen verrattuna, ja tämä osoittautui merkitseväksi selittäjäksi. Rungon kuoren paino korreloi positiivisesti taulukon 3 selittäjien kanssa lukuun ottamatta niitä, joissa ikä esiintyy jakajana. Viimeksi mainituissa tapauksissa korrelaatio on negatiivinen.

Taulukko 3. Runkoa kuvaavien suureitten selittämän vaihtelun osuus rungon kuoren painon kokonaisvaihtelusta.

Table 3. Proportion of the total variation in bark weight per tree explained by external tree characteristics.

Selittäjiä, kpl *Number of independent variables*	Selittävä muuttuja *Independent variable*	Selitetty varianssi, % *Explained variance, per cent*	Hajonta, kg/runko *Standard deviation, kg/stem*
	Mänty — *Pine*		
1	Tilavuus — *Volume*	91	1.20
2	Tilavuus/ikä — *Volume/age*	93	1.03
3	Rosokaarna [1]) — *Rough bark* [1])	94	.96
4	$(D_{1.3})^2$ — *(Dbh)* ^{2}	94	.93
	Kuusi — *Spruce*		
1	$(D_{1.3})^2$ — *(Dbh)* ^{2}	93	.95
2	Tilavuus — *Volume*	96	.83
3	(Ikä) ^{2} — *(Age)* ^{2}	97	.71
	Koivu — *Birch*		
1	Tilavuus — *Volume*	89	1.72
2	(Pituus/ikä) ^{2} — *(Length/age)* ^{2}	93	1.39

[1]) Paksukaarnaisen tyviosan koko runkoon verratun pituuden logaritmi — *Logarithm of thick bark proportion.*

Yli 90 % rungon kuoren painon vaihtelusta voidaan selittää taulukon 3 muuttujilla. Jäljelle jäävä hajonta on havupuilla alle kilon mutta koivulla yli kilon runkoa kohti. Aineisto, jossa raudus- ja hieskoivu voitaisiin käsitellä erillisinä, tuottaisi todennäköisesti paremman tuloksen koivun kohdalla.

422. Kuoren painoprosentti

Taulukko 4 osoittaa tutkimusaineiston runkojen kuoriprosentin aritmeettiset keskiarvot hajontoineen sekä painon että tilavuuden perusteella laskettuina. Männyllä painoprosentti on erittäin merkitsevästi tilavuusprosenttia pienempi ($t_{95} = 5.18$). Kuusella se näyttää olevan vähän pienempi ja koivulla taas vähän suurempi kuin tilavuusprosentti, mutta erot eivät ole merkitseviä. Vertailuja tehtäessä on muistettava, että kuoren tilavuus määritettiin tuoreen kuoren todellisena tilavuutena.

Taulukko 4. Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen kuoriprosentin aritmeettinen keskiarvo ($\bar{x}$) hajontoineen (s).

Table 4. Arithmetic mean ($\bar{x}$) and standard deviation (s) of bark percentage of pine, spruce and birch stems.

Puulaji — Species	Kuoriprosentti — *Bark percentage*			
	painosta — *by weight*		tilavuudesta — *by volume*	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mänty — *Pine*	9.23	2.54	12.30	3.19
Kuusi — *Spruce*	11.17	2.27	11.71	2.39
Koivu — *Birch*	14.44	2.50	13.89	2.31

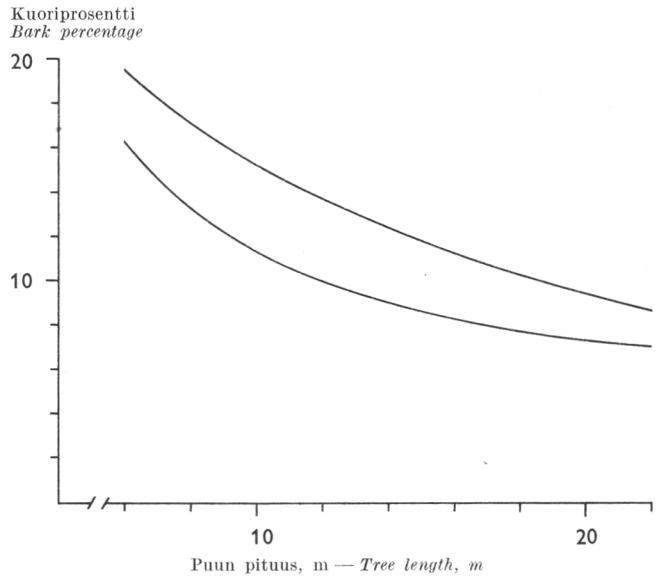
Rungon kuoren paino- ja tilavuusprosentin hajonta on kaikilla puulajeilla 2—3 prosenttiyksikköä, suhteellisesti tarkastellen suurin männyllä ja pienin koivulla. Taulukko 5 osoittaa, mikä osa vaihtelusta voidaan selittää rungon ulkoisilla tunnuksilla. Parhaat selittäjät ovat puun pituus, rosokaarnaosan pituus, latvussuhde sekä iän ja rinnankorkeusläpimitan suhde. Männyllä selitetyn vaihtelun osuus on 92 % kokonaisvaihtelusta, niin että hajonnan suuruudeksi jää 0.72 kuoriprosenttiyksikköä runkoa kohti. Kuusella ja koivulla hajonta jää kaksi kertaa suuremmaksi.

Taulukko 5. Runkoa kuvaavien suureitten selittämän vaihtelun osuus rungon kuoren painoprosentin kokonaisvaihtelusta.

Table. 5. Proportion of the total variation in bark percentage by weight (the whole stem) explained by external tree characteristics.

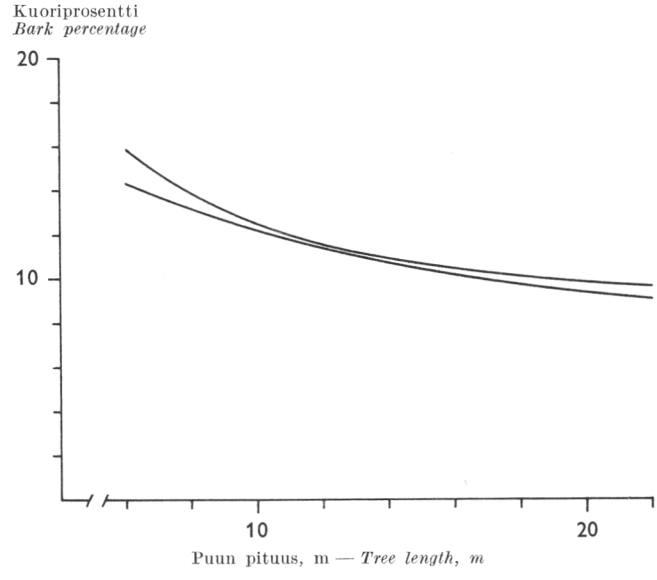
Selittäjiä, kpl *Number of independent variables*	Selittävä muuttuja *Independent variable*	Selitetty varianssi, % *Explained variance, per cent*	Hajonta, kg/runko *Standard deviation, kg/stem*
	Mänty — *Pine*		
1	1/pituus — *1/length*	90	.82
2	Rosokaarna [1]) — *Rough bark* [1])	92	.72
	Kuusi — *Spruce*		
1	Log. pituus — *Log. length*	54	1.55
2	(Latvussuhde) [2] — *(Crown proportion)* [2]	60	1.43
	Koivu — *Birch*		
1	Ikä/$D_{1.3}$ — *Age/Dbh*	70	1.37

[1]) Puun pituuden suhde paksukaarnaisen tyviosan pituuteen — *Ratio of tree length to the length of thick bark portion of the stem.*



Kuva 13. Kuoren painoprosentin (alempi käyrä) ja tilavuusprosentin (ylempi käyrä) riippuvuus mäntyrungon pituudesta.

Figure 13. Correlation between bark percentage and tree length in pine. The lower curve represents bark percentage by weight, the upper one bark percentage by volume.



Kuva 14. Kuoren painoprosentin (alempi käyrä) ja tilavuusprosentin (ylempi käyrä) riippuvuus kuusirungon pituudesta.

Figure 14. Correlation between bark percentage and tree length in spruce. The lower curve represents bark percentage by weight, the upper one bark percentage by volume.

Havupuitten kuoriprosentin vaihtelua selittää parhaiten rungon pituus. Seuraavat regressioyhtälöt, joissa Y tarkoittaa kuoren keskimääräistä painoprosenttia rungossa ja X senttimetreinä ilmaistua rungon pituutta, soveltuvat 6—22 metrin pituisille männyille ja kuusille.

Puulaji	Regressioyhtälö	S	R
Mänty	$Y = 3.46 + 7\,615/X$	.82	.9463
Kuusi	$Y = 41.19 - 9.696 \times \log X$	1.55	.7316

Kuvista 13 ja 14 nähdään kuoren paino- ja tilavuusprosentin riippuvuus puun pituudesta. Painoprosenttia kuvaavat käyrät on piirretty edellä mainittujen yhtälöiden mukaisesti, tilavuusprosenttia kuvaavat vastaavasti omien yhtälöittensä perusteella. Männyn käyrien ero vaihtelee 2—4 prosenttiyksikön välillä. Kuusella ero on selvästi pienempi kuvan kaikissa osissa. Koska kuoren paino- ja tilavuusprosentin ero riippuu jossain määrin myös puun pituudesta, saadaan rungon tilavuudella punnittujen kuoriprosenttien erotuksista käytäntöön paremmin soveltuvia arvoja kuin taulukon 4 mukaisista aritmeettisten keskiarvojen erotuksista. Koko aineiston kohdalla päädytään silloin seuraaviin arvoihin.

Puulaji	Rungon tilavuudella punnittu kuoren		Erotus
	paino-prosentti	tilavuus-prosentti	
Mänty	8.0	10.7	— 2.7
Kuusi	10.0	10.4	— 0.4
Koivu	13.8	13.3	+ 0.5

Männyn kuoren keskimääräinen painoprosentti on vain 75 % tilavuusprosentista. Vastaava prosenttiluku on kuusella 96 ja koivulla 104.

5. KÄYTÄNNÖLLISIÄ NÄKÖKOHTIA

Käytännön ratkaisuissa tarvitaan tietoja puutavaran sisältämän kuoren määrästä joko tilavuus- tai painoprosentteina. Käsillä olevan tutkimuksen tavoitteena ei ole ollut tällaisten keskimääräislukujen etsiminen, mutta sen sijaan on pyritty selvittämään tilavuus- ja painoprosenttien eroja puutavaralajeittain. Nämä erot tuntien voitaneen kuoren tilavuusprosentteja tarvittaessa muuntaa painoprosenteiksi.

Taulukko 6. Kuoren tilavuus- ja painoprosentti eräissä puutavaralajeissa ja latvojen hukkapuussa.

Table 6. Bark percentage by volume and by weight in some timber assortments and in logging residues from tops.

Puutavaralaji *Timber assortment*	Mänty — *Pine*		Kuusi — *Spruce*		Koivu — *Birch*	
	Kuoriprosentti — *Bark percentage by*					
	Tilavuudesta *volume*	Painosta *weight*	Tilavuudesta *volume*	Painosta *weight*	Tilavuudesta *volume*	Painosta *weight*
Tukit — *Saw logs*	10.7	8.0	8.6	8.4	..	..
Paperipuu — *Pulpwood* ...	10.4	7.8	10.4	10.0	12.9	13.4
Ohutpaperipuu — *Small-diameter pulpwood*	12.9	10.6	15.0	14.2	..	..
Halko — *Fuelwood*	..	..	..	..	16.3	17.5
Latvojen hukkapuu [1]) — *Residues from tops* [1]) ...	13.8	11.8	16.9	16.3	17.0	17.8
Latvojen hukkapuu [2]) — *Residues from tops* [2]) ...	18.8	16.7	21.6	20.6	17.7	18.7

Taulukossa 6 vertaillaan kuoren tilavuus- ja painoprosentteja puutavaralajeittain. On syytä jälleen kiinnittää huomiota jo aikaisemmin mainittuun seikkaan, että kuoren tilavuus määritettiin tuoreen kuoren todellisena tilavuutena. Niin ollen kuoren tilavuuteen ei sisälly rosoisen tyvikaarnan uurteitten ilmatila. Tämä lienee osasyynä siihen, että kuoren tilavuusprosentit ovat käsillä olevassa tutkimusaineistossa kauttaaltaan pienempiä kuin Tapion Taskukirjan keskimääräiset kuoriprosentit (vrt. A r o 1965).

[1]) Hakkuutähteeksi jäävän latvan tyvipää. — *The lower end of the top left in the forest as logging residues.*

[2]) Edellisestä yksi metri ylöspäin. — *One meter upward from the lower end of the top.*

Taulukon puutavaralajit ovat muodostuneet siten, että suurien puitten tyviosasta on otettu 5″ minimilatvaläpimittaa käyttäen tukkeja. Pienemmistä rungoista sekä suurien runkojen yläosista on tehty paperipuita, ja 5—7 cm:n paksuisesta rungon osasta on saatu havupuilla ohutpaperipuuta ja koivulla halkoa. Läpimitaltaan alle 5 cm:n latvus on jäänyt hakkuutähteiksi, joita taulukossa edustaa kaksi arvoa. Ensimmäinen on otettu latvuksen tyvileikkauksesta ja toinen metri sen yläpuolelta.

Ohutpaperipuussa kuoren tilavuusprosentit ovat painoprosentteja suurempia siten, että ero on männyllä 2.3 ja kuusella 0.8 prosenttiyksikköä. Nämä arvot ovat yhdenmukaisia Blossfeldin, Haasemannin ja Wonkan (1963) tulosten kanssa, joissa vastaava ero on männyllä 2.5 ja kuusella 1.1 prosenttiyksikköä.

Käyttäen hyväksi Etelä-Suomen puutavaran kuivapainosta olevia tietoja (Hakkila 1966) ja taulukkoa 6 voidaan laskea kuoren kuivapaino eri puutavaralajien tuoreessa tilassa mitatussa kiintokuutiometrissä. Tällöin päädytään taulukkoon 7.

Taulukko 7. Kuoren paino kiloina kiintokuutiometriä kohti eräissä puutavaralajeissa.
Table 7. Dry weight of bark in kilograms per solid cubic meter in some timber assortments.

Puutavaralaji *Timber assortment*	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*	Koivu — *Birch*
	Kuorta, kg/k-m³ — *Bark weight, kg/solid cu.m*		
Tukit — *Saw logs*	30	29	..
Paperipuu — *Pulpwood* ...	29	34	58
Ohutpaperipuu — *Small-diameter pulpwood*	38	48	..
Halko — *Fuelwood*	..	..	72
Latvojen hukkapuu [1]) — *Residues from tops* [1]) ...	44	57	71

[1]) Tarkoittaa metrin pituista tyviosaa hukkapuuksi jäävässä latvassa — *One meter long bolt at the lower end of the top left in the forest as logging residues.*

Vertailuna edellä mainittuihin kiintokuutiometrin sisältämiin kuorimääriin esitetään muutamia Virtasen (1962) ilmoittamia kokemusperäisiä lukuja. Koivupaperipuun kuorintajätteen kuivapaino on eräässä tapauksessa ollut 40—52 ja toisessa 36—40 kg/p-m³. Kuusipaperipuusta saadun kuorintajätteen paino on ollut 35 kg/p-m³. Pehrsonin (1965) Norjasta esittämät tukkien ja paperipuitten kuorimäärät kiintokuutiometriä kohti ovat selvästi korkeampia kuin taulukon 7 luvut.

Käsillä olevan tutkimuksen tulosten käytännön sovellutuksia tarkasteltaessa kiintyy huomio kuvan 8 osoittamaan männyn, kuusen ja koivun kuoren jakautumiseen rungon eri korkeuksille. Kuten kuva ja siihen liittyvä tekstiosa osoittavat, suurin osa mäntyrungon sisältämästä kuoresta, erityisesti paksusta kaarnakuoresta, keskittyy rungon tyveen.

Sulfaattisellua valmistettaessa voidaan hakkeen joukossa nykyään sallia huomattava määrä kuorta. Sisäkuori ja rungon ylempien osien kuori eivät enää tuota voittamattomia vaikeuksia. Sen sijaan paksu tyvikuori lisää voimakkaasti kemikalioitten kulutusta keitossa ja alentaa sellun laatua. Kun kuoriminen on kallista, ja kun kuorimakoneitten kapasiteetti on usein riittämätön, voitaisiin ehkä joissakin tapauksissa soveltaa järjestelyä, jossa tehtaalle tulevasta mäntypaperipuusta kuoritaan vain tyvipölkyt. Jos näitten tyvipölkkyjen pituus olisi esimerkiksi neljä metriä, saataisiin suunnilleen kaksi kolmasosaa koko paperipuuerän kuorimäärästä poistetuksi. Mikä tärkeintä, paksu tyvikaarna saataisiin pois miltei kokonaan. Tällainen tyvipölkkyjen erottaminen muista pölkyistä olisi mahdollista tuotaessa puu kokonaisina runkoina välivarastolle tai tehtaalle.

Samalla paperipuupölkyt jakaantuisivat kahteen erään, jotka kumpikin voitaisiin keittää erikseen. Näin tapahtuva lajittelu olisi tehokas, tehokkaampi kuin esimerkiksi puun kasvupaikan maantieteellisen sijainnin mukainen lajittelu. Männyn puuaineen laatu näet vaihtelee rungon sisässä useasti voimakkaammin kuin runkojen tai kasvupaikkojen välillä. Kun tämä rungon pituussuunnassa tapahtuva puuaineen ominaisuuksien vaihtelu käytettäisiin hyväksi samalla kun kuorinnan kustannuksia vähennettäisiin, saavutettaisiin sellun keittovaiheessa tuntuvia etuja.

Tyvipölkkyjen erälle olisivat silloin ominaisia seuraavat seikat ja muitten pölkkyjen keittolinjalle taas päinvastaiset ominaisuudet.

— kuorittu puu
— korkea puuaineen tiheys
— korkea kesäpuuprosentti
— suuri sydänpuuprosentti
— pieni oksapuun määrä

Kun keittoerään tulevan raaka-aineen laatu on tasainen, voidaan keittoaika valita siten, että sellusaanto on mahdollisimman korkea. Vastaavasti voidaan säädellä kemikalioitten kulutusta.

Edellä mainittua menetelmää noudattaen saataisiin kahta erilaista tuotetta. Tyvipölkyistä tehdylle sellulle olisi ominaista suuri repeämislujuus, joten sitä voitaisiin käyttää korkealaatuisen voimapaperin valmistukseen. Muista pölkyistä valmistettu sellu taas soveltuisi käyttötarkoituksiin, joissa paperin tulee olla tiheätä ja läpikuultamatonta ja joissa korkeata veto-, puhkaisu- tai taivutuslujuutta pidetään erityisen tärkeänä.

6. YHDISTELMÄ

Puutavaran mittauksen ja kuoren käytön alalla tapahtumassa olevan voimakkaan kehityksen esille tuomien uusien ongelmien johdosta tässä tutkimuksessa selvitellään kuoren määrää tavanomaisesta poikkeavalla pohjalla. Puutavaralajien sijasta on lähdetty liikkeelle kokonaisista rungoista, ja kuoren tilavuuden sijasta selvitellään kuoren kuivapainoa.

Tavoitteena ei ole ollut kerätä laajaa aluetta edustava aineisto, jonka avulla voitaisiin saada selville esimerkiksi keskimääräisiä kuoriprosentteja. On tyydytty selvittelemään kuoren painon ja painoprosentin suuruutta, vaihtelua ja vaihtelun syitä rajoitetulla maantieteellisellä alueella metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueessa. Ensisijaisesti on pyritty esittämään graafisten piirrosten avulla vaihtelumalleja, jotka antavat kuvan kuoren painon ja painoprosentin vaihtelusta rungon sisällä ja runkojen välillä ja jotka saattavat olla avuksi uusia kuoren määrää selvitteleviä tutkimuksia suunniteltaessa.

Tutkimusaineisto koostuu yhteensä 117 mänty-, kuusi- ja koivurungosta, joista sahattiin kaikkiaan 1 574 kiekkoa (taulukot 1 ja 2). Kiekoista, jotka otettiin aina oksattomasta, terveestä puusta rungon tyvestä lähtien metrin välein, määritettiin kuoren paksuus, tilavuus, paino, tilavuusprosentti ja painoprosentti. Rosokaarnaisten tyvikiekkojen läpimitta kuoren päällä mitattiin kuvassa 1 esitetyllä tavalla tasoittaen. Joka kymmenennestä mäntykiekosta määritettiin myös sisäkuoren paksuus ja painoprosentti.

Kuoren paksuuden, painon ja painoprosentin rungon pituussuunnassa tapahtuvaa vaihtelua esittävät kuvaajat on tasoitettu silmävaraisesti. Rungoittainen aineisto on käsitelty regressioanalyysillä, ja runkojen välistä vaihtelua kuvaavat käyrät perustuvat regressioanalyysin antamiin tuloksiin. Käytetyt termit on määritelty sivulla 5.

Tutkimustuloksia käytäntöön sovellettaessa on otettava huomioon, että esitettyjä numerotietoja ei ole tarkoitettu yleispäteviksi, maan eri osissa käyttökelpoisiksi kuoren paino- ja painoprosenttiluvuiksi. Aineisto on valittu vaihtelumallien löytämiseksi ja edustaa vain yhtä Etelä-Suomen paikkakuntaa. Niin kauan kuin laajempaan aineistoon perustuvia tutkimustuloksia kuoren painosta ja painoprosentista ei ole käytettävissä, tuloksia lienee kuitenkin mahdollista varauksin soveltaa koko Etelä-Suomen alueella.

Tulosten pääosa selviää piirroksista, joitten osalta ei ole tarpeellista tehdä yhteenvetoa. Kuvat 2—4 esittävät kuoren paksuuden, kuvat 6—7 rungon juoksumillimetriä kohti lasketun kuoren painon ja kuvat 9—11 kuoren painoprosentin vaihtelua rungon sisällä. Kuvasta 5 nähdään sisäkuoren osuus koko kuorimäärästä mäntyrungon eri korkeuksilla.

Kuvassa 8 esitetty kuoren painon kumulatiivinen frekvenssi rungon tyvestä latvaa kohti osoittaa, että erityisesti männyllä valtaosa kuoresta keskittyy puun tyvipäähän. Tämän perusteella on — huomioon ottaen sulfaattiselluteollisuuden alalla viime aikoina tapahtunut kehitys — tultu johtopäätökseen, että eräissä tapauksissa saattaisi olla tarkoituksenmukaista kuoria esimerkiksi nelimetrisestä mäntypaperipuusta ainoastaan tyvipölkyt. Pelkästään täten voitaisiin poistaa ehkä kaksi kolmannesta koko kuorimäärästä. Jäljelle jäänyt kuori ei sisältäisi kemikalioitten kulutuksen ja sellun laadun kannalta erityisen haitallista tyvikuorta vaan pääasiassa ohutta kuorta, josta peräti puolet olisi sisäkuorta.

Mikäli kuvattu järjestelmä otettaisiin käytäntöön, paperipuupölkyt tulisivat lajitelluiksi kahteen osaan, kuorittuihin tyvipölkkyihin ja kuorellisiin muihin pölkkyihin. Kumpikin erä keitettäisiin erikseen, jolloin voitaisiin käyttää hyväksi rungon pituussuuntainen puuaineen laadun vaihtelu, kuten luvussa »Käytännöllisiä näkökohtia» osoitetaan. Saataisiin kaksi erilaista tuotetta, tyvipölkyistä korkealaatuisen voimapaperin valmistukseen soveltuvaa ja muista pölkyistä vastaavasti muihin tarkoituksiin soveltuvaa sellua.

Kuvasta 12 nähdään kuoren kuivapainon riippuvuus rungon kuorellisesta tilavuudesta. Kuvat 13 ja 14 osoittavat kuoren paino- ja tilavuusprosentin eron erikokoisissa mänty- ja kuusirungoissa. Runkojen välistä kuoren painon ja painoprosentin vaihtelua selitetään taulukoissa 3—5.

Tulosten käytännöllisinä sovellutuksina on esitetty kuoren paino- ja tilavuusprosentin erot puutavaralajeittain (taulukko 6) sekä laskelma eräitten puutavaralajien kuoren painosta kuorellista kiintokuutiometriä kohti tutkimusaineistossa (taulukko 7). Runkojen tilavuudella punnittu kuoren keskimääräinen painoprosentti on koko tutkimusaineistossa männyllä 2.7 prosenttiyksikköä pienempi, kuusella 0.4 prosenttiyksikköä pienempi ja koivulla puuaineen korkeasta tiheydestä huolimatta 0.5 prosenttiyksikköä suurempi kuin kuoren painotettu tilavuusprosentti vastaavasti.

Kirjallisuutta

Alvång, F. 1965. Utilization of bark from pine and spuce as raw material for wood fiberboard — Fundamental considerations and experience from mill scale experiments. Symposium on mechanical barking. Helsinki

Aro, Paavo. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 20. 4.

—»— 1965. Puutavaran kuutioiminen. Tapion Taskukirja: 257—272.

Blossfeld, Offried, Haasemann, Wolfram und Wonka Richard. 1963. Rindendicken und Rindenanteile von dünnem Fichten- und Kiefernholz. Holztechnologie 4:163—169.

Eh, H. 1961. Untersuchungen über die Rindenstärke der Fichte in einigen Wuchsbezirken des württ. Oberschwabens. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 132: 104—109.

Hakkila, Pentti. 1964. Kesäaikana valmistettujen paperipuitten ja sahatukkien kuivuminen ja varastoviat. The seasoning and the storage defects of pulpwood and saw logs prepared in the summer. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 58. 4.

—»— 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 61. 5.

Ilvessalo, Yrjö 1941. Metsänarvioiminen. Tapion Taskukirja: 77—116.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Volume tables for standing trees. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 34. 4.

—»— 1965. Metsänarvioiminen. Porvoo—Helsinki.

Justsuk, Eugen. 1965. Physiology and physical properties of bark. Symposium on mechanical barking of timber. Helsinki.

Makkonen, Olli. 1966. Havupaperipuiden taskukuorintahäviön mittauksia. Measurement of the bag barking loss of softwood pulpwood. Metsätehon tiedotus 249.

Nyyssönen, Aarne. 1965. Metsän arvioiminen. Tapion Taskukirja: 173—206.

Pehrson, R. 1965. Utilization of bark as fuel. Symposium on mechanical barking of timber. Helsinki.

Stemsrud, Finn og Gudim, Åge. 1962. Fordeling av bark og ved, vann og tørrstoff, volumvekter m.m. i forskjellig stammehøyde hos vortebjørk *(Betula verrucosa)*. The distribution of bark and wood, water and wood substance, and volume weights at different height levels of birch stems *(Betula verrucosa)*. Tidskrift for Skogsbruk. 70. årgang, hefte 1: 36—50.

Tamminen, Zachris. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. I. Tall. Moisture content, density and other properties of wood and bark. I. Scots pine. Kungl. Skogshögskolan — Institutionen för virkeslära. Uppsatser Nr R 41.

—»— Funktighet, volymvikt, m.m. hos ved och bark. II. Gran. Moisture content, density and other properties of wood and bark. II. Norway spruce. Skogshögskolan. Institutionen för virkeslära. Rapporter Nr R 47.

Tiihonen, Paavo. 1961. Männyn, kuusen ja koivun kapenemistaulukot. Aushauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 54.1.

Tuovinen, Arno. 1965. Koivupaperipuun painomittaustutkimus Kemijärvi Oy:ssä. Study on the weight scaling of birch pulpwood at Kemijärvi Oy. Metsätehon tiedotus 245.

Virtanen, P. 1962. Kuorintajäte polttoaineena. Voima- ja Polttoainetaloudellinen Yhdistys Ekono.

Östlin, Eric. 1963 a. Barkuppgifter för tall, gran, björk m.fl. Del I. Barkuppgifter för län, regioner. Bark data for pine, spruce, birch etc. Part I. Bark data for provinces and regions. Skogshögskolan. Institutionen för skogstaxering. Rapporter och uppsatser Nr 5.

—»— 1963 b. Barkuppgifter för tall, gran, björk m.fl. Del II. Barkuppgifter för bonitets- och åldersklasser och för olika sortiment. Bark data for pine, spruce, birch etc. Part II. Bark data for site- and ageclasses for sawlogs and pulpwood. Skogshögskolan. Institutionen för skogstaxering. Rapporter och uppsatser Nr 6.

VARIATION PATTERNS OF BARK WEIGHT AND BARK PERCENTAGE BY WEIGHT

Summary

The recent development of timber scaling and utilisation of bark has posed new needs motivating the present study, which looks at bark problems on a different basis from the conventional viewpoint. Instead of the timber assortments, whole stems were used, and the dry weight of bark was studied rather than bark volume.

The aim was not to collect a material representing a wide area to establish e.g. mean bark percentages. The study was limited to an analysis of the magnitude and variation of bark weight and bark percentage by weight in a limited geographical area, the Vesijako experimental area of the Finnish Forest Research Institute about 100 miles north from Helsinki. The primary aim was to graphically present variation patterns of bark weight and bark percentage by weight within the stem and between stems.

The material consisted of 117 pine, spruce and birch stems from which 1 547 disks were sawn (Tables 1 and 2). The bark thickness, volume and weight, bark percentage by volume and bark percentage by weight were determined from the disks which were always taken from knot-free, clear wood. The diameter above the rough bark of butt disks was measured, levelling as shown in Figure 1. The thickness and weight of inner bark were also determined from every tenth pine disk.

The graphs illustrating the variation of bark thickness, weight and bark percentage by weight in the longitudinal direction of the stem were levelled by eye.

The per stem material was treated by regression analysis and the curves illustrating the variation between stems are based on the results of this regression analysis. The terms employed are explained on page 5.

The numerical data for bark weight and bark percentage by weight were not intended to be of general applicability to the different parts of the country. The material was selected with the object of finding variation patterns, and it represents a limited area in South-Finland. However, while results based on a more compherensive material are not available for the bark weight and bark percentage by weight, the results may, with certain reservations, be applied to the entire area of South-Finland.

The main results can be seen from the illustrations which require no explanation. Figures 2—4 show the variation in bark thickness within the stem, Figures 6—7 the variation in bark weight calculated per linear millimetre and Figures 9—11 the same for bark percentage by weight. Figure 5 illustrates the share of the inner bark in the total bark volume at different stem heights of pine.

The cumulative frequency of bark weight from the butt of the stem towards the top (Figure 8) reveals that the main part of the bark is concentrated at the butt end of the tree, especially in pine. The conclusion reached — taking into consideration recent

developments in the sulphate pulp industry — was that it might be purposive in some cases to debark only the butt logs of, e.g. 4-meter pine pulpwood. It would be possible in this way to remove merely two-thirds of the total amount of bark. The remaining bark would not contain thick bark which is a heavy consumer of chemicals and affects the purity of pulp, but chiefly thin bark of which as much as a half would be inner bark.

If this method is adopted, pulpwood could be divided into two lots, debarked butt logs and unbarked other logs. Each lot could be cooked separately and the wood quality variation in longitudial direction of the stem could be exploited. The homogenizing of wood quality in the digester would make it possible to time the cooking process accurately and use chemicals more economically, and this might increase the pulp yield. Different products would be obtained from the two lots, pulp for high-quality kraft paper from the butt logs, and from the other logs pulp suitable for purposes where high tensile and bursting strength and folding endurance are required.

Figure 12 shows the correlation between the dry weight of bark and the stem volume including bark. Figures 13 and 14 illustrate the difference between bark percentage by weight and that by volume in pine and spruce stems of various sizes. Tables 3—5 explain the variation in bark weight and bark percentage by weight between stems.

The differences between bark percentage by weight and that by volume are shown in Table 6 by timber assortments. The average bark percentage by weight, weighted with the stem volume, was 2.7 per cent smaller for pine, 0.4 per cent smaller for spruce and 0.5 per cent greater for birch. A calculation of bark weight in kilograms per solid cubic meter including bark is presented in table 7.

RUNGON TYVESTÄ ALKAVAN OSAN SUHTEELLISEN KUUTIOMÄÄRÄN ARVIOINTI

PENTTI NISULA

The estimation of the relative volume of the stem portion beginning at the butt of standing timber

Summary in English

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1. Johdanto 5
2. Tutkimuksen tarkoitus ja sen aineisto 6
3. Tutkimustulokset 7
   31. Rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus 7
      311. Erimuotoisissa puissa 7
      312. Eri puulajeissa 10
   32. Apteeraushypsometri ja sen soveltaminen käytännössä 14

Kirjallisuusluettelo 16

Summary in English 17

1. JOHDANTO

Sitä osaa pystypuun kuutiosta tai pituudesta, jolla tarkoitetaan tietyn mittakorkeuden alapuolelle jäävän rungon osan kuutiomäärän tai pituuden suhteellista osuutta koko runkopuumäärästä tai pituudesta, nimitetään tämän tutkimuksen yhteydessä rungon tyvestä alkavan osan suhteelliseksi kuutiomääräksi tai suhteelliseksi pituudeksi.

Rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välistä riippuvuutta ovat aikaisemmin tutkineet Bæckström (kts. Jonson 1929) ja Aro (1935). Molemmat tutkijat ovat tällöin katsoneet tarpeettomaksi ottaa huomioon puiden läpimittaa. Bæckström esittelee tuloksensa muotoluokittain ja Aro puulajeittain.

Sekä Bæckström että Aro ovat esittäneet tutkimustulokset taulukon muodossa, jonka perusteella on ollut mahdollista arvioida esim. sitä, kuinka suuri osa rungon kuutiosta apteerattaessa joutuu tukkien, paperipuun, halkojen ja hakkuutähteiden joukkoon tai esim. sitä, kuinka suuri osa rungon kuutiosta on vikaisuuden takia jätettävä metsään.

Taulukon muodossa esitetyt tulokset ovat kuitenkin hankalia käyttää metsässä. Tämän epäkohdan välttämiseksi tässä tutkimuksessa on pyritty käytännöllisempään ratkaisuun siten, että rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus on esitetty nomogrammin muodossa, jolloin on saatu aikaan apteeraushypsometri, josta voidaan välittömästi ja muita apuneuvoja käyttämättä lukea rungon tyvestä alkavan osan suhteellinen kuutiomäärä.

2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA SEN AINEISTO

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut käytännön tarpeita tyydyttävän apteeraushypsometrin valmistaminen. Työn yhteydessä on jouduttu kiinnittämään huomiota rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden väliseen riippuvuuteen eri tutkijain keräämien aineistojen perusteella. Valmiita tuloksia on saatu edellä mainituista Bæckströmin ja Aron tutkimuksista. Lisäksi on Tiihosen (1962) kapenemistaulukoiden perusteella voitu laskea tuloksia, jotka perustuvat pääasiassa Ilvessalon (1947) »Pystypuiden kuutioimistaulukoiden» aineistoon. Tutkimuksen alussa on lisäksi lyhyesti tarkasteltu rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välistä riippuvuutta paraboloidin ja kartion muotoisessa kappaleessa.

3. TUTKIMUSTULOKSET

31. Rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus

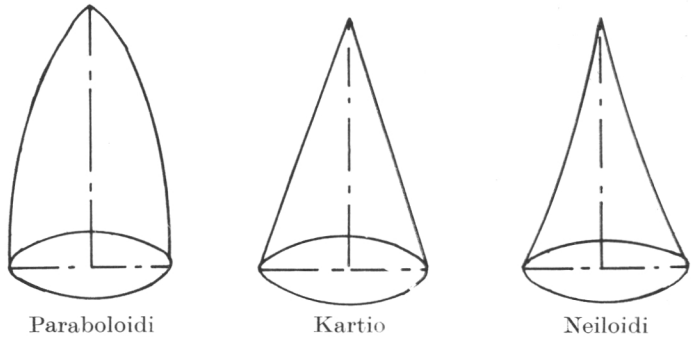
311. Erimuotoisissa puissa

Niiden pyörähdyskappaleiden joukosta, joihin pystypuita usein verrataan, ovat tavallisimpia kartio, paraboloidi ja neiloidi, jotka esitetään kaavamaisesti kuvassa 1.

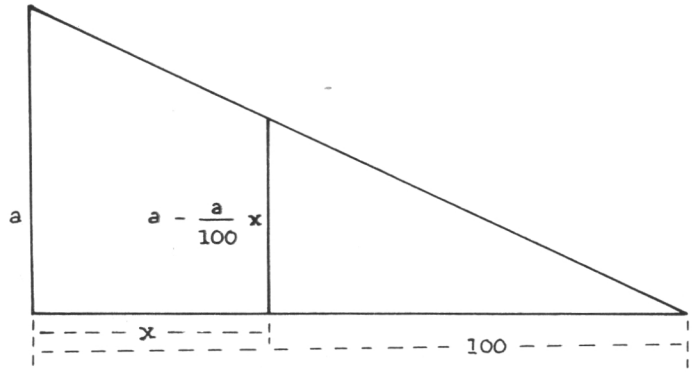
Kartion muotoiselle pystypuulle on ominaista, että sen pituusyksikköä kohden laskettu kapeneminen pysyy samansuuruisena tyvestä latvaan. Sen sijaan näin laskettu kapeneminen suurenee, jos kyseessä on paraboloidin muotoinen ja pienenee, jos kyseessä on neiloidin muotoinen puu.

Aikaisempien havaintojeni perusteella (N i s u l a 1967), jotka tein selvitellessäni 2.2-metrisen koivupaperipuun muotoa, voidaan päätellä, että paraboloidin muotoisissa puissa on mistä tahansa kohdasta mitatun poikkileikkauspinta-alan ja vastaavalle kohdalle puun tyvestä mitatun korkeuden välillä suoraviivainen riippuvuus.

Silloin kun puu on kartion muotoinen, on lisäksi mistä tahansa kohdasta määritetyn poikkileikkauspinta-alan säteen ja vastaavalle kohdalle puun tyvestä mitatun korkeuden välillä suoraviivainen riippuvuus.



Kuva 1. Yksinkertaisten pyörähdyskappaleiden malleja.
Fig. 1. Models of simple rotational bodies.



Kuva 2. Parabodloidin ja kartion muotoisten runkojen kaavamainen esitys, missä x = määräkorkeuden alapuolella olevan rungon osan suhteellinen pituus puun koko pituudesta ja a = paraboloidin muotoisen puun tyvileikkauksen ala tai kartion muotoisen puun tyvileikkauksen säde.

Fig. 2. Paraboloid and cone-shaped tree trunks presented schematically. x = the relative stem portion below a certain point in comparison to the total height of the tree, a = the crosssectional area at the butt of a paraboloid-shaped trunk or the radius of the cross section at the butt of a cone-shaped tree.

Mainittujen seikkojen perusteella voidaan pystypuuta esittää kuvassa 2 näkyvällä suorakulmaisella kolmiolla, jossa kolmion kantana on puun pituus ja sen korkeutena silloin, kun kyseessä on paraboloidin muotoinen puu, on tyvileikkauksen pinta-ala ja silloin kun kyseessä on kartion muotoinen puu, tyvileikkauksen säde. Kun puun pituutta merkitään sadalla, on millä tahansa suhteellisella korkeudella olevan poikkileikkauksen alan tai säteen suuruus laskettavissa lausekkeesta:

$$(1)\quad y = a - \frac{a}{100}\,x,$$

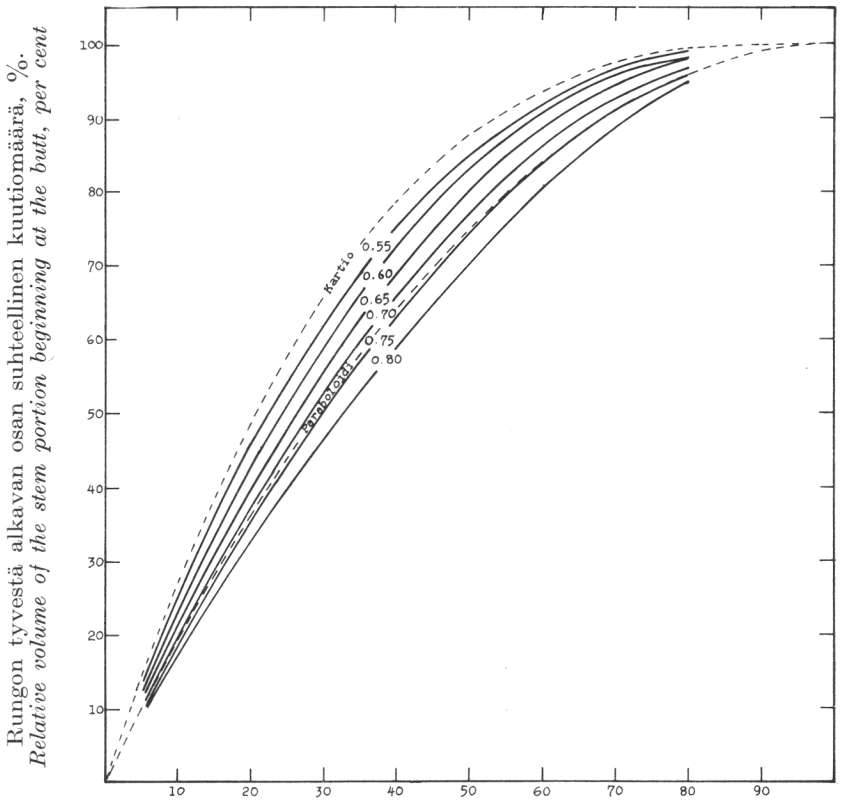
missä

y = määräkorkeudella olevan poikkileikkauksen ala tai sen säde,
a = tyvileikkauksen ala tai sen säde ja
x = määräkorkeuden alapuolella olevan rungon osan suhteellinen pituus puun koko pituudesta.

Kun rungon määräkorkeudella olevan poikkileikkauksen ala tai säde määritetään yhtälöstä (1), voidaan laskea rungon tyvestä alkavan osan suhteellista pituutta vastaava suhteellinen kuutiomäärä paraboloidin ja kartion muotoista puuta varten. Laskeminen voidaan suorittaa seuraavien kaavojen, joiden johto jätetään tässä yhteydessä esittämättä, avulla:

$$(2)\quad Z_p = 2x - \frac{x^2}{100} \text{ ja}$$

$$(3)\quad Z_k = x\left(3 - \frac{3x}{100} + \frac{x^2}{10\,000}\right),$$



Kuva 3. Rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus paraboloidin ja kartion muotoisissa pystypuissa sekä Jonsonin (1929) muotoluokkiin 0.55—0.80 kuuluvissa puissa.
Fig. 3. The dependence between the relative volume and relative length of the stem portion beginning at the butt in standing trees of paraboloid (= paraboloidi) and cone-form (= kartio) as well as in stems belonging in Jonson's (1929) form classes 0.55—0.80.

missä

Z_p = rungon tyvestä alkavan osan suhteellinen kuutiomäärä (%) paraboloidin muotoisessa puussa,
Z_k = rungon tyvestä alkavan osan suhteellinen kuutiomäärä (%) kartion muotoisessa puussa ja
x = rungon tyvestä alkavan osan suhteellinen pituus, %.

Yhtälöistä (2) ja (3) voidaan havaita, että rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen regressio on täysin riippumaton em. muotoisten puiden tyvileikkauksen pinta-alasta tai sen säteestä. Paraboloidin ja kartion muotoisessa puussa rungon tyvestä

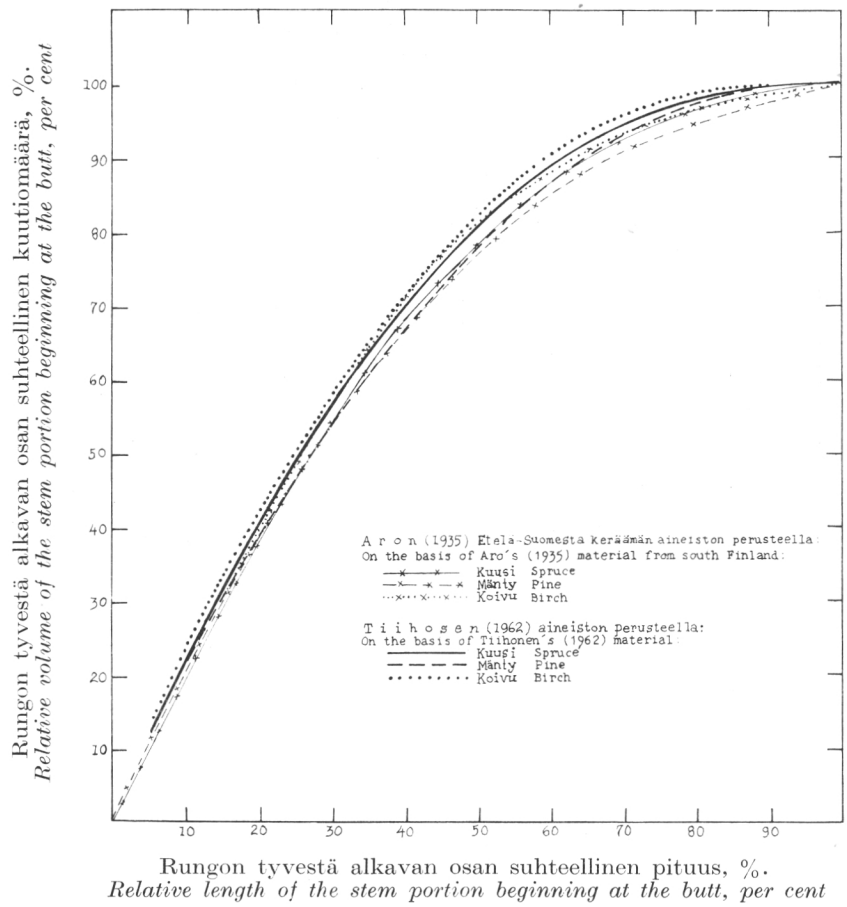
alkavan osan suhteellinen kuutiomäärä riippuu siis yksinomaan tämän korkeuden suhteellisesta pituudesta. Tämä riippuvuus on havainnollistettu kuvassa 3 näkyvässä piiroksessa. Kuvassa 3 on katkoviivoilla esitetty paraboloidin ja kartion muotoisten runkojen tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus.

Kuvaan 3 on lisäksi täysviivoilla piirretty Bæckströmin (kts. Jonson 1929) taulukon perusteella Jonsonin (1929) muotoluokkia vastaavien pystypuiden rungon tyvestä alkavan osan suhteellisten kuorettomien kuutiomäärien ja suhteellisten pituuksien välistä riippuvuutta osoittavat käyrät. Kuvasta voidaan nähdä, että hyvänmuotoiset puut lähentelevät paraboloidin muotoa, mutta huonomuotoisimmatkaan puut tuskin tavoittavat kartion muotoa. Keskimäärin näyttää siltä, että pystypuiden muoto vaihtelee pääasiassa paraboloidin ja kartion muodon välimailla, kuitenkin lähempänä ensinmainittua. Mikäli siis määrämuotoisten puiden rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen pituuden perusteella halutaan mahdollisimman tarkasti arvioida vastaavaa suhteellista kuutiomäärää, on puiden muoto otettava huomioon. Sen sijaan silloin, kun on kysymys keskimääräisistä arviotuloksista, voidaan mainittua suhteellista pituutta vastaava suhteellinen kuutiomäärä arvioida puulajeittain laskettujen keskimääräisten riippuvuuksien perusteella. Tällöin edellytetään kaikkien puiden olevan keskimäärin samanmuotoisia.

312. Eri puulajeissa

Kuvaan 4 on piirretty Aron (1935) tutkimustulosten perusteella pystypuun rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen tilavuuden ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus etelä-suomalaisessa kuusessa, männyssä ja koivussa. Aron pohjois-suomalaiselle kuuselle ja männylle laskemat arvot on jätetty kuvasta pois. Nämä arvot olivat nimittäin kuusen kohdalla melkein saman suuruisia kuin Etelä-Suomessakin, ja männyllä ne olivat vain vähän vastaavia etelä-suomalaisia arvoja suurempia.

Kuvaan 4 on piirretty myös Tiihosen (1962) kapenemistutkimusten perusteella lasketut puulajeittaiset käyrät kuuselle, männylle ja koivulle. Nämä tulokset perustuvat kuoren päältä tehtyihin mittauksiin. Käyrät on saatu kustakin puulajista valituille yhdeksälle tukkipuun kokoa vastaavalle puulle laskettujen arvojen avulla, jolloin meneteltiin siten, että kolmesta läpimittaluokasta ($D_{1.3}$) 20, 30 ja 40 cm valittiin kustakin kolmen pituisia puita, nimittäin 14, 18 ja 24 m, koepuiksi, joille jokaiselle laskettiin rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen tilavuuden ja suhteellisen korkeuden välinen riippuvuus. Jokaisesta koepuusta saadut arvot esitettiin graafisesti, kukin puulaji erikseen. Tällöin huomattiin, että kuuselle ja männylle

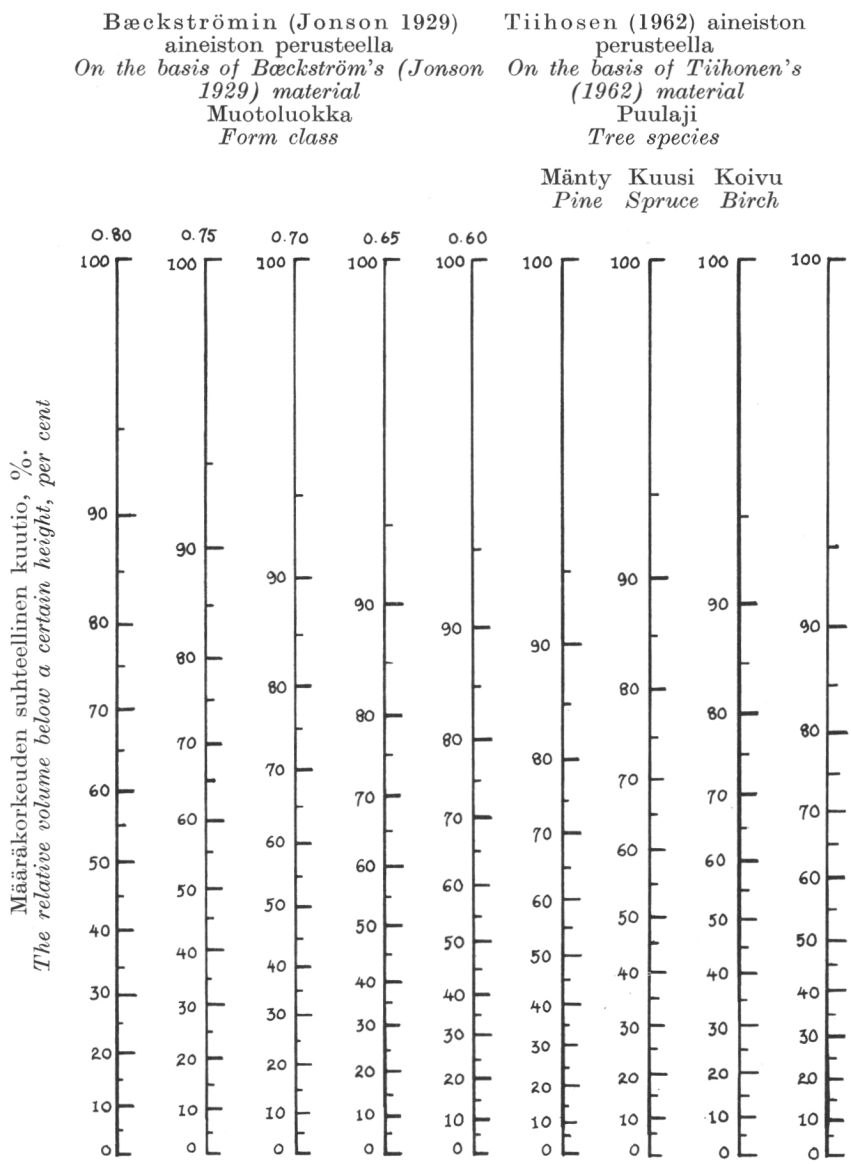


Kuva 4. Rungon tyvestä alkavan osan suhteellisen kuorellisen kuutiomäärän ja suhteellisen pituuden välinen riippuvuus A r o n (1929) ja T i i h o s e n 1962) aineistojen perusteella.

Fig. 4. The dependence between the relative volume i.b. and ralative length of the stem portion beginning at the butt on the basis of Aro's (1935) and Tiihonen's (1962) materials.

piirrettyä yhdeksää puuta kuvaava käyräparvi melkein sulautui samaksi käyräksi, joten keskimääräisen tasoituskäyrän piirtäminen oli helppoa. Koivun kohdalla yksittäisistä rungoista saadut kuvaajat poikkesivat vähän enemmän toisistaan. Mutta kun koivullekin piirrettiin keskimääräinen kuvaaja silmävaraisen tasoituksen perusteella siten, että se kulki keskimäärin saadun yhdeksän yksittäisen rungon muodostaman käyräparven keskitse, havaittiin, että suurimmatkin poikkeamat olivat korkeintaan noin viisi prosenttia puoleen tai toiseen tasoituskäyrän arvoista laskettuna.

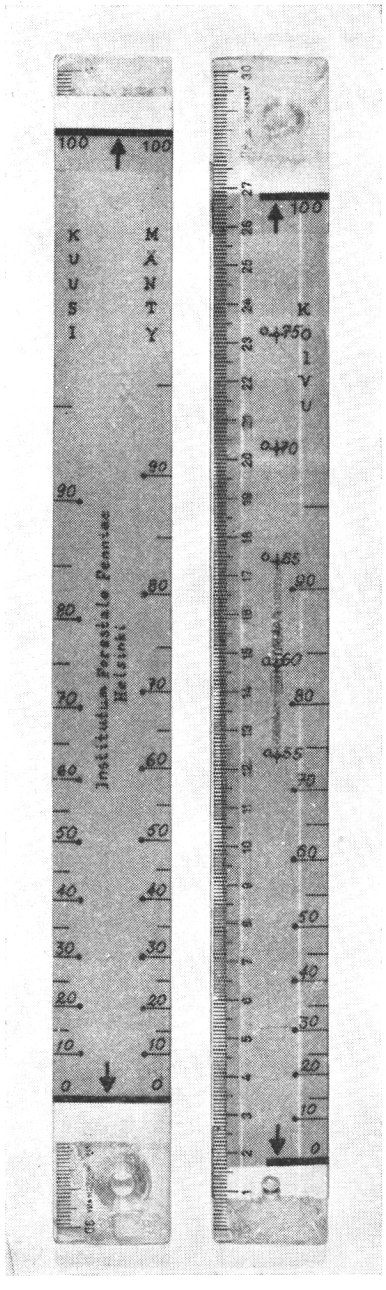
Kuvan 4 lähempi tarkastelu viittaa siihen, että A r o n (1935) aineiston puut lienevät keskimäärin jonkun verran paremman muotoisia kuin T i i-



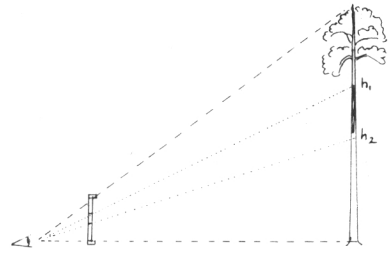
Kuva 5. Nomogrammeja pystypuun tyvestä alkavan osan suhteellisen kuutiomäärän määrittämiseksi Jonson'in (1929) muotoluokkiin: 0.55—0.80 kuuluvissa puissa sekä eri puulajeilla keskimäärin.

Fig. 5. Nomograms for the determination of the relative volume of the stem portion beginning at the butt for trees belonging in Jonson's (1929) form classes 0.55—0.80 and for different tree species on an average.

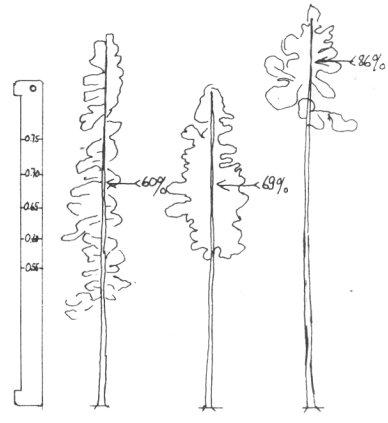
hosen (1962) aineiston puut. Tämä seikka lienee selitettävissä sen perusteella, että aineistot on kerätty eri aikoina ja jonkin verran erilaisista metsistä. Tiihosen aineiston perusteella saadut tulokset vastannevat



Kuva 6. Eri puulajeille Tiihosen (1962) aineiston perusteella tehty apteeraushypsometri edestä ja takaa.
Fig. 6. The hypsometer constructed for different tree species on the basis of Tiihonen's (1962) material (front and back view).



Kuva 7. Apteeraushypsometrin käyttökaavio.
Fig. 7. Scheme for she use of the hypsometer.



Kuva 8. Hypsometri Jonsonin (1929) muotoluokkien määrittämistä varten sekä esimerkkejä puun muotopisteen määrittämistavasta
Fig. 8. Hypsometer for the determination of Jonson's (1929) form class and examples of the determination of the form point of trees.

lähinnä nykyhetken metsien keskitulosta. Verrattaessa kuvien 3 ja 4 antamia tuloksia keskenään, voitiin havaita, että Tiihosen aineiston puulajeista koivu oli huonomuotoisinta, vastaten Jonsonin muotolukua 0.60 ja mänty parasmuotoisinta, vastaten Jonsonin muotolukua 0.70. Kuusen muotoluvun havaittiin olevan suunnilleen 0.65.

32. Apteeraushypsometri ja soveltaminen käytännössä

Kuvaan 5 on piirretty Bæckströmin (kts. Jonsonin 1929) taulukon perusteella Jonsonin (1929) muotoluokkia vastaavat rungon tyvestä alkavan osan suhteelliset kuutiomäärät nomogrammin muodossa. Samasta kuvasta nähdään vastaavalla tavalla esitettynä myös Tiihosen (1962) päätelaskelmien perusteella johdetut tulokset. Viimeksi mainitut tulokset nähdään myös kuvasta 6 käytäntöä varten laaditun apteeraushypsometrin muodossa.

Kuva 7 esittää, miten apteeraushypsometriä voidaan metsässä käyttää. Oletetaan, että meidän on määritettävä, kuinka paljon kuvassa näkyvän männyn kuutiosta on h_1-korkeudella olevan pisteen alapuolella. Tällöin apteeraushypsometriä käytetään aivan samalla tavoin kuin esim. Christenin hypsometriä — jolla mitataan puiden korkeuksia —, ts. mittaaja riiputtaa apteeraushypsometriä silmänsä edessä siksi, kunnes hän voi silmällään samanaikaisesti tähdätä mittarin o-pisteen kautta puun kannon korkeudelle ja sen 100-pisteen kautta puun latvaan. Kun mittaaja tämän jälkeen vilkaisee pisteeseen h_1, hän voi mittarista lukea suoraan, kuinka monta prosenttia puun kuutiosta on h_1-pisteen alapuolella. Mikäli mittaaja huomaakin, että puussa on korkeusvälillä h_1—h_2 sellainen vika, joka aiheuttaa tämän osan raakkaamisen, hän tekee lisätähtäyksen pisteeseen h_2 ja voi mittarista jälleen lukea, kuinka paljon puun kuutiosta on h_2-pisteen alapuolella. Kun ensin saadusta tuloksesta vähennetään viimeksi saatu tulos, saadaan tietää, kuinka paljon puun kuutiosta on metsään jäävää, raakattavaa kuutiota ja miten paljon puutavaralajiksi sopivaa. h_2-korkeus saattaa esim. eräässä toisessa tapauksessa olla laatuluokan rajalla. Tällöin voidaan apteeraushypsometrin perusteella jakaa esim. sahapuun osuus laatuluokkiin samalla tavoin kuin se edellä jaettiin raakiksi ja käyttöön kelpaavaksi puuksi.

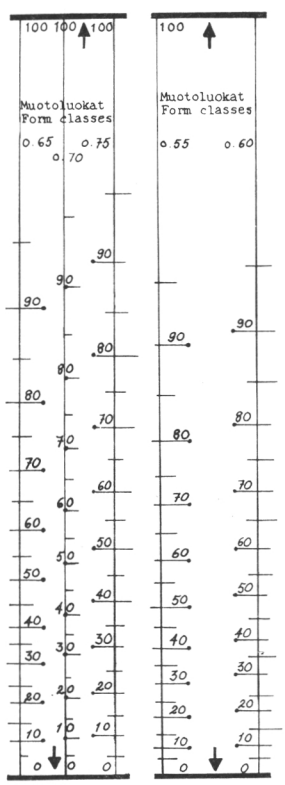
Käyttämällä silmävaraista arviota tai esim. sellaista USA:ssa kehitettyä prismadendrometriä, josta Makkonen (1963) on kirjoittanut kuvauksen, voidaan apteeraushypsometriä käyttäen saada selville, kuinka monta prosenttia puun kuutiosta on määrätyn katkaisuläpimitan alapuolella.

Niissä tapauksissa, joissa puulajeittain esitetyn määräkorkeuden suhteellista tilavuutta esittävät luvut eivät ole riittävän tarkkoja, on mitattavien puiden muoto otettava huomioon.

J o n s o n i n muotoluokan määrittäminen käytännössä tapahtuu varsin yksinkertaisesti Christenin hypsometriin tavallisesti liitetyn muotoluokkaa osoittavan mittarin perusteella, joka nähdään kuvassa 8. Mittaria käytetään kuten apteeraushypsometriä, tähtäämällä ensin puun latvaan ja tyveen ja suorittamalla sitten välitähtäys rungolla olevaan pisteeseen. J o n s o n i n muotoluokkaa määritettäessä välitähtäys suunnataan siihen pisteeseen, ns. muotopisteeseen, joka voidaan otaksua tuulen taivuttavan voiman painopisteeksi.

Kuvaan 8 on piirretty J o n s o n i n (1929) valokuvien perusteella kolme puuta esimerkiksi muotopisteen määrittämistavasta.

Kun puun muotoluokka on saatu selville, voidaan pystypuun tyvestä alkavan osan suhteellisen tilavuuden toteamiseksi täyttää kuvassa 5 esitettyjä, B æ c k s t r ö m i n taulukon avulla laadittuja, puun tyvestä alkavan osan suhteellista kuutiomäärää osoittavia nomogrammeja, joista osa nähdään kuvassa 9 apteeraushypsometrinä. Tätä hypsometriä käyttäen voidaan selvittää J o n s o n i n muotoluokka ja puun tyvestä alkavan osan suhteellinen kuutiomäärä muotoluokissa 0.55—0.65.



Kuva 9. Eri muotoluokkien puille Bæckströmin (kts. Jonson 1929) taulukon perusteella tehty apteeraushypsometri edestä ja takaa.
Fig. 9. Hypsometer for trees of different form classes constructed on the basis of Bæckström's (see Jonson, 1929) table (front and back view).

Kirjallisuusluettelo

Aro, Paavo. 1935. Tutkimuksia rinnakorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. — Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 20.4.

Ilvessalo, Yrjö. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.

Jonson, Tor. 1929. Massatabeller för träduppskattning. Stockholm.

Makkonen, Olli. 1963. Prismadendrometri. Metsätehon katsaus n:o 36.

Nisula, Pentti. 1967. Koivupaperipuun pinotiheydestä ja kuutiosuhteista. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. 62. 7.

Tiihonen, Paavo. 1962. Auf die Höhe gestützte Ausbauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke. — Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 55.14.

THE ESTIMATION OF THE RELATIVE VOLUME OF THE STEM PORTION BEGINNING AT THE BUTT OF STANDING TIMBER

Summary in English

The present study deals with the relative volume and length of that portion of tree trunks which falls below a certain height of measurement of the volume or height of the whole stem.

The graphs in Figs. 3—5 were drawn on the basis of data published by Bæckström (see Johnson 1929), Aro (1935), and Tiihonen (1962), which, for the most part, were suited to this purpose.

The hypsometers, the use of which is presented in Figs. 7 and 8, were constructed on the basis of the data given in Fig. 5.

By means of these hypsometers one can determine the percentage of the volume below a certain point on the trunk or between two points along it. Thus, the hypsometer can be used, for instance, for determination of the distribution of the growing stock on timber assortments or in determinations such as the cull percentage in sawtimber crops and the distribution of the timber on different grades.

KOIVUPAPERIPUUN PINOTIHEYDESTÄ JA KUUTIOSUHTEISTA

PENTTI NISULA

On the pile density and volume of birch pulpwood

Summary in English

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1. Johdanto 5
2. Käsitteitä 6
3. Aineisto ja aineiston mittaus 11
4. Tutkimustulokset 13
   41. Koivupaperipuun koko ja muoto 13
   42. Koivupaperipuun pinotiheys 24

Kirjallisuusluettelo 30

Summary in English 31

1. JOHDANTO

Lähes $^2/_3$ raakapuustamme mitataan pinossa, sillä pinomittaus on käytännössä todettu soveliaaksi määräpituuksille katkotun pienikokoisen puutavaran mittaamiseen eikä tähän tarkoitukseen soveliaampaa käytännöllistä mittaustapaa ole toistaiseksi löydetty.

Puutavaraa pinossa mitattaessa on yleensä aina tarpeellista tietää myös sen pinojen todellinen kuutio eli kiintokuutio. Tämä on välttämätöntä esim. hinnoitteluongelmien tai puun käytön selvittelyn kannalta. Pinon kiintokuutiosisältö on meillä yleensä arvioitu pinotiheyslukujen perusteella. Pinotiheyslukujen käytöllä onkin meillä vankat perinteet.

Viime vuosina on kuitenkin eräissä yhteyksissä esitetty pinotiheyden sijalle toisenlaista pinon kiintokuutiosisällön arvioimistapaa (vert. esim. Ahonen 1959, Keltikangas 1961 a, ja b, Makkonen 1961 a, b, ja c ja Nisula 1967). Näissä selvittelyissä kiinnitetään huomiota niihin mahdollisuuksiin, joita on olemassa pinon kiintokuution määrittämiseksi ns. kylkitiheyden perusteella. Tutkimuksissa on pyritty kuitenkin pääasiassa selvittelemään kysymystä toisissa yhteyksissä kerättyjen tietojen ja aineistojen avulla ja yritetty niiden perusteella tehdä synteesi kylkitiheyden olemuksesta.

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on selvitellä pinotiheyteen ja kylkitiheyteen liittyviä ongelmia Etelä-Suomesta kerätyn 2.2-metristä kuorellista koivupaperipuuta sisältävän aineiston avulla.

Tutkimuksen alussa on katsottu olevan syytä kiinnittää huomiota pinotiheyteen ja kylkitiheyteen liittyvään terminologiaan, jonka jälkeen on siirrytty varsinaiseen tutkimusaiheeseen.

2. KÄSITTEITÄ

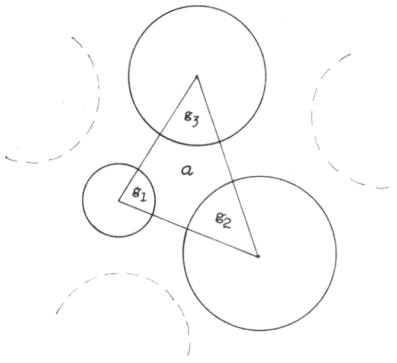
Pino on määräpituisista pölkyistä maahan aluspuille tai kuljetusajoneuvoon ladottu puutavaraerä, jota pinon pituussuunnassa rajoittavat alustaa vastaan, yleensä kohtisuoraan, asetetut pääpuut. Pinossa olevat pölkyt ladotaan tavallisesti samansuuntaisina päällekkäin ja tiiviisti siten, että pölkkyjen pääpinnat asettuvat samaan aluspuita vastaan kohtisuoraan tasoon.

Pinon kuutio lasketaan siten, että pinon sivujen eli kylkien pinta-alat neliöidään sellaisena suorakaiteena, jonka asemana on pinon pituus ja korkeutena pinon korkeus ja kerrotaan saatu pinta-ala pölkkyjen nimellisen pituuden puoliskolla. Näin saadaan pinon pinokuutio (p-m^3). Pinokuutio määritetään käytännössä tavallisesti siten, että pääpuiden välimatka otetaan aluspuiden suunnassa pinon pituudeksi ja pinon korkeudeksi otetaan aluspuista kohtisuora etäisyys mittauskohdalle sattuvien pölkkyjen yläreunaan (As. kok. 395/38).

Pinon kiintokuutio (k-m^3) eli pinossa olevan puutavaran todellinen kuutiomäärä on aina pinokuutiota pienempi. Pinon pölkkyjen keskeltämittauksen perusteella voidaan laskea pinon todellisen kuutiomäärän likiarvo. Näin saatua kuutiomäärää voidaan nimittää pinon keskuskuutioksi (keskus-m^3). Viime vuosina on kiinnitetty huomiota myös mahdollisuuteen arvioida pinon kiintokuutiosisältö pölkkyjen päistä ts. pinon kyljestä suoritettujen mittausten perusteella. Näin menetellen saadaan pinon kylkikuutio (kylki-m^3).

Silloin, kun pinon pölkyt kuutioidaan äärettömän lyhyinä ympyrälieriöinä, saadaan pölkkyjen kuutiomäärä, joka vastaa käytettyjä mittausvälineitä, tavallisesti metrimittaa ja mittasaksia käyttäen saatua kuutiosisältöä. Tätä kuutiota on tässä tutkimuksessa nimitetty pinon stereometriseksi kuutioksi (St k-m^3). Pinon stereometrinen kuutio on yleensä pinon kiintokuutiota suurempi, koska esim. tyvipölkyissä on tavallisesti, ainakin juurenniskojen vaikutusalueella, poikkileikkauspinta-alaa rajaavan kehän painumia ja kaarnakoloja, jotka mittasaksia käytettäessä tulevat mitatuiksi puuna.

Pinoon ladotun puutavaran yleisnimityksenä käytetään tavallisesti nimitystä pinotavara. Puulajin osoittamiseksi voidaan puhua esim.



Kuva 1. Tiheysalkion kaavamainen esitys.
Fig. 1. The density element schematically.

koivupinotavarasta tai esim., mikäli puutavaralajikin määritellään, voidaan puhua esim. koivupaperipuusta, jolloin tavallisesti erikseen mainitaan sellainen tapaus, jolloin kyse ei ole pinotavarasta, vaan esim. h a j a p i t u i s e s t a koivupaperipuusta, joka tavallisesti mitataankin toisella tavalla esim. yksinkappalein kuutioimalla.

Pinon tiheydellä eli kuten sitä tavallisesti nimitetään p i n o t i h e y d e l l ä tarkoitetaan sitä p i n o t i h e y s l u k u a, joka ilmoittaa pinon kiintokuution ja pinokuution välisen suhteen.

Tilastotutkimuksissa p e r u s j o u k k o on se a l k i o i d e n muodostama kokonaisuus, jota tutkitaan. Pinokohtaisesti asioita tarkasteltaessa voidaan p e r u s p i n o k s i nimittää sitä pinoa, joka on pinotiheysalkioiden tai yksinkertaisemmin sanottuna t i h e y s a l k i o i d e n muodostama kokonaisuus, jota tutkitaan.

Havainnollisen mielikuvan saamiseksi tiheysalkiosta tarkastellaan kuvaa 1, joka esittää pinon pölkkyjä vastaan kohtisuoraa mielivaltaista leikkaustasoa. Piirtämällä kuvioon lähinnä olevien pölkkyjen keskipisteiden yhdysjanat saadaan kolmioita, joiden pinta-ala muodostuu kolmesta puusektorista (g_1, g_2 ja g_3) sekä niiden väliin jäävästä ilmaraosta (a). Kun puusektoreiden pinta-ala jaetaan koko kolmion pinta-alalla, saadaan pinon tiheys tällä kohtaa pinoa. Esitetty kolmio on p i n o n t i h e y s a l k i o. Pinon tiheys vaihtelee tiheysalkiosta toiseen ja kun tämä vaihtelu (hajonta) tunnetaan, voidaan arvioida, kuinka monta tiheysalkiota pinosta on mitattava, jotta peruspinon pinotiheysluku saataisiin halutulla tarkkuudella. Tiheysalkioiden vaihtelu pinosta toiseen on käytännössä suuruudeltaan erilainen riippuen puutavaralajista, sen laatuominaisuuksista ja pinon valmistajasta ym. Näin ollen peruspino on kooltaan eri tapauksissa erisuuri. Verrattaessa eri pinojen tiheyksiä keskenään tulisi näin ollen tiheysalkioita

mitata kustakin pinosta niin paljon, että saatu pinokohtainen tiheys edustaisi samalla tarkkuudella peruspinoaan.

Koska viime vuosina meillä suoritetuissa tutkimuksissa on pinotiheys laskettu johonkin muuhun tilavuuteen kuin kiintokuutioon perustuen ja pinotiheyden käsite on muuttunut moniselitteisemmäksi, lienee sekaannusten välttämiseksi syytä antaa eri tavoin määritetyille pinotiheyksille oma nimityksensä. Tämän takia pinotiheys on tässä yhteydessä jätetty käsitteelliseksi yleisnimitykseksi ja on suoritettu pinotiheyden tavallisimpien laskentatapojen perusteella käsitteellinen jaottelu:

1. Pinotiheys

12. pinon tiheys
    121. pinon kiintotiheys
    122. pinon keskustiheys
    123. pinon kylkitiheys
    124. pinon stereometrinen tiheys

13. pinotavaran tiheys
    131. pinotavaran kiintotiheys
    132. pinotavaran keskustiheys
    133. pinotavaran kylkitiheys
    134. pinotavaran stereometrinen tiheys.

Jos pinon tiheys määritetään vain osalta pinoa, voidaan lisäksi puhua esim. pinon määräosan kylkitiheydestä tai pinon määräosan kiintotiheydestä, pinon määräosan keskustiheydestä tai pinon määräosan stereometrisestä tiheydestä.

Pinon tiheydellä tarkoitetaan yksittäisen pinon, laajemmassa mielessä peruspinon, tiheyttä ja pinotavaran tiheydellä tarkoitetaan kaikkien perusjoukkoon kuuluvien pinojen so. peruspinojen eli kyseessä olevan pinotavaran keskimääräistä pinotiheyttä. Mikäli kyseessä on määrätty puutavaralaji, voidaan selitys pinotavara jättää pois ja puhua vain esim. 2-metrisen koivupaperipuun pinotiheydestä. Tällä tarkoitetaan mainitun pituisen koivupaperipuun keskimääräistä pinotiheyttä tietyllä alueella. Silloin kun on kyseessä yksittäinen koivupaperipuupino, on syytä puhua koivupaperipuupinon tiheydestä, jolla tarkoitetaan vain ko. pinon tiheyttä.

Pinon kiintotiheydellä, keskustiheydellä, kylkitiheydellä tai stereometrisellä tiheydellä tarkoitetaan pinon kiintokuution, keskuskuution, kylkikuution ja stereometrisen kuution suhdetta pinokuutioon.

Edellä mainituissa tapauksissa voidaan sekaannusten välttämiseksi käyttää tiheysalkioista myös vastaavia nimityksiä, nim. kiintotiheysalkio, keskustiheysalkio, kylkitiheysalkio tai stereometrinen tiheysalkio.

Yksittäisessä pinossa kylkitiheysalkion tiheyden vaihtelu on esim. pienempi kuin kiintotiheysalkion tiheyden vaihtelu. Tämä voidaan ymmärtää, kun palautetaan mieliin, millä tavalla kiintokuutio ja keskuskuutio ovat riippuvuussuhteessa kylkikuutioon. Kylkikuutio ja keskuskuutio ovat saman suuruisia vain silloin kun kaikki pölkyt ovat paraboloidin muotoisia. Näin ei ole kuitenkaan asianlaita käytännössä, mistä johtuen keskuskuutio on tavallisesti kylkikuutiota pienempi. Tämä aiheuttaa sen, että keskustiheyden vaihtelu on suurempi kuin kylkitiheyden vaihtelu. Samasta seikasta johtuen on taas puolestaan kiintotiheyden vaihtelu suurempi kuin keskustiheyden vaihtelu.

Kun suurelle alueelle saatua pinotavaran tiheyslukua sovelletaan käytännön mittauksissa, oletetaan kaikkien pinojen tiheys pinotavaran keskitiheyden suuruiseksi. Keskitiheyttä voidaan näin ollen pitää yksittäisen pinon tiheyden arviona. Tämän arvion tarkkuutta voidaan kuvata pinojen tiheyden hajonnan avulla, jolloin hajonnan määrittämiseksi on laskettava kuinka paljon arvio poikkeaa yksittäisten pinojen mitatusta pinon tiheydessä. Saatu hajonta kuvaa yksittäisen pinon tiheyden arviointitarkkuutta käsillä olevassa tapauksessa. Hyvin usein tämä sama asia ilmaistaan käytännössä puhumalla mittaustarkkuudesta, jolla tarkoitetaan sitä kuinka paljon mitatut pinon tiheydet poikkeavat saadusta keskitiheydestä. Arviointitarkkuus ja mittaustarkkuus ovat tällöin luonnollisesti lukuarvoltaan saman suuruisia. Ottamalla kuitenkin huomioon, että mittauksen tarkkuudella mittaustekniikassa tarkoitetaan sitä, että mittauslaitteen rajoitetun tarkkuuden takia lukema ei ole sama kuin mitattavan suureen todellinen arvo, vaan tehdään virhe, jonka suuruus mittausalueesta prosentteina laskettuna ilmaisee mittauksen tarkkuuden, niin olisi terminologisesti selvempää puhua käsillä olevassa tapauksessa arviointitarkkuudesta, joka viittaa siihen menettelytapaan, jonka perusteella on annettu lausuma tuntemattoman tunnusluvun, tässä tapauksessa pinon tiheyden, arvosta.

Teoreettisesti katsoen tuottaa käytännössä vaikeuksia määrittää pinon tiheyden arviointitarkkuus, koska sen suuruuteen vaikuttaa mitattujen pinojen koko. Käytännössä nimittäin peruspino, jonka tiheys muodostuu tiheysalkioiden tiheyksien keskiarvosta, on niitä pinokokoja suurempi, jotka käytännössä todella tulevat luovutustoimenpiteiden kohteiksi. Käytännössä pinojen koko huomattavasti vaihtelee, esim. varastopinot saattavat olla suuria ja metsäpinot ovat tavallisesti pieniä. Kun varastopinojen tiheyttä arvioidaan pinotavaran keskitiheyden perusteella, on arviointi-

tarkkuus yksittäisen varastopinon kohdalla tavallisesti parempi kuin pienten metsäpinojen kohdalla.

Silloin kun esim. tutkimusmittauksissa käytetään, kuten tavallisesti on pakko tehdä, pienehköjä pinoja, saadaan pinon tiheyden arviointitarkkuutta ilmoittava hajonta tavallisesti liian suureksi, koska käytännössä luovutusten kohteena useimmiten esiintyy pääasiassa suurehkoja pinoja.

Pinotiheyden arviointitarkkuuteen joudutaan kiinnittämään erikoista huomiota nimenomaan silloin, kun esim. ryhdytään tarkastelemaan eri perusteille pohjautuvia pinotavaran mittausmenetelmiä. Tällainen tapaus tulee esille esim. silloin, kun halutaan tutkia pinomittauksen ja painomittauksen arviointitarkkuutta.

P a i n o m i t t a u k s e l l a tarkoitetaan mittausmenetelmää, joka perustuu siihen, että puutavara mitataan punnitsemalla.

Painomittaustutkimuksissa näytealkioina voidaan pitää esim. yksittäisten pölkkyjen käyttötilavuuspainoa tai esim. pölkyistä sahattujen kiekkojen kuiva-ainepitoisuutta.

Kun jonkin puutavarapinon tiheyttä ja sen käyttöpainoa tai sen kuiva-ainepitoisuutta halutaan vertailla keskenään, tulee tiheysalkioita, käyttötilavuuspainoalkioita ja kuiva-ainepitoisuusalkioita ottaa pinosta niin runsaasti, että pinon tiheyden, käyttötilavuuspainon ja kuiva-ainepitoisuuden likiarvo saavutetaan samalla suhteellisella tarkkuudella. Ellei näin menetellä, asetetaan se mittaustapa, jonka kohdalla näytealkioita on kerätty alkioiden hajontaa nähden suhteellisesti runsaammin, toisia mittaustapoja edullisempaan asemaan ja lopputulos sisältää systemaattisen virheen.

Jos esim. tiheysalkioiden tiheyden variaatiokerroin on 12 %, käyttötilavuuspainon pölkyttäinen variaatiokerroin 5 % ja kuiva-ainepitoisuuden kiekottainen variaatiokerroin 7 %, tulee yhden prosentin keskimääräiseen tarkkuuteen pyrittäessä ottaa tutkimuskohteeksi niin suuri pino, että näytteitä saadaan tiheysalkioista 144 kpl, käyttötilavuuspainoalkioista 25 ja kuiva-ainepitoisuusalkioista 49 kpl.

3. AINEISTO JA AINEISTON MITTAUS

Aineisto tätä tutkimusta varten saatiin Oy Tampella Ab:ssä suoritettujen painomittaustutkimusten yhteydessä. Tämä aineisto käsittää kaikkiaan 43 autokuormallista 2.2-metristä kuoripäällistä koivupaperipuuta. Aineistoa mitattiin 5 kuukauden aikana kesällä 1962 siten, että joka kuukausi tutkittiin noin 10 kuormaa. Tätä aineistoa nimitetään p ä ä a i n e i s t o k s i.

Mittaus suoritettiin tehtaalla ja yhtiön omat miehet suorittivat kuormien pinokuution määrittämisen, joten mittaus vastaa käytännössä suoritettavaa vastaanottomittausta. Samalla kuormat punnittiin autovaa'assa, jolloin saatiin kuormien sisältämän puutavaran nettopaino.

Kuormista otettiin väridia pinon kylkitiheyden määrittämiseksi seuraavaa menettelytapaa käyttäen:

Ennen kuvan ottoa sijoitettiin pinon kylkeen rautalangasta tehty katkaistun kartion muotoinen kehikko, joka alapohjastaan kiinnitettiin pinon kylkeen ja pinon kyljen tasoon. Valokuvauskoneen kuvausakseli suunnattiin sitten kartion pohjien keskipisteiden kautta ja otettiin kuva. Näin menetellen kuvataso saatiin yhdensuuntaiseksi pinon kylkitason kanssa.

Kun kuvat sitten myöhemmin projisioitiin valkoiselle alustalle, meneteltiin siten, että alustalle piirrettiin ensin kartion pohjaa vastaava määräsuuruinen ympyrän kehä ja liikuteltiin heijastuskonetta niin kauan että tämä ympyrä yhtyi kuvasta näkyvään kartion pohjaympyrään. Tällä tavalla kaikki kuvat saatiin samaan mittakaavaan, jossa ne sitten piirrettiin.

Koska tämän tutkimuksen eräänä tarkoituksena oli selvitellä sitä seikkaa, kuinka suuri pinta-ala pinon kylkeä on otettava tutkittavaksi, jotta kylkitiheys voitaisiin saada halutulla tarkkuudella, yhdistettiin useita kylkitiheysalkioita ja niiden osia siten, että tutkittavaksi otettiin kustakin piirroksesta m ä ä r ä a l o j a, jotka vastasivat pinon kyljestä otettua, noin 17×42 cm:n eli pinta-alaltaan 714 cm^2 suuruista suorakaidetta. Näitä määräaloja otettiin kuvakeskuksen ympäriltä kustakin pinosta yleensä 32 kappaletta, paitsi niissä tapauksissa, joissa eräitä määräaloja jätettiin pois kuvien hämäryyden johdosta tai sen takia, että kuorman koko ei

riittänyt näin suuren kokonaisalan havainnoimiseen. Mainitusta seikasta johtuen saatiin kustakin pinosta keskimäärin 30 määräalaa.

Kunkin määräalan tiheys laskettiin ns. Nurmelan pinturia käyttäen siten, että määräalojen pituussuunnassa vedettiin kullekin määräalalle kymmenen linjan muodostama viivasto, jolta linja-arvion tapaan laskettiin, kuinka pitkälti viivojen pituudesta sattuu pölkkyjen päiden kohdalle ja kuinka paljon niiden väliseen tilaan. Määrittelemällä pölkkyjen päiden kohdalle sattuneiden linjapituuksien osuus linjojen kokonaispituudesta saatiin määräalan tiheyden likiarvo.

Juuri selostetusta pinta-alan laskemistavasta johtuen näin saatu määräalan tiheys poikkeaa jonkun verran todellisesta arvostaan ja vaikuttaa siihen, että määräalojen tiheyksien hajontaa laskettaessa päädyttäneen hieman todellista hajontaa suurempaan arvoon. Käytännölliseltä kannalta katsottuna tällä seikalla lienee kuitenkin vain vähäinen merkitys.

Kuormien puukuution määrittämiseksi otettiin jokaisesta kuormasta 20 näytepölkkyä, jotka punnittiin ja niiden paksuus mitattiin sattuvalta puolelta keskeltä ja kummastakin päästä millimetrin tarkkuudella. Lisäksi pölkyt kuutioitiin yksitellen ksylometrissä. Kuorman kiintokuution määrittäminen tapahtui näytepölkkyjen käyttötilavuuspainon avulla siten, että kuormissa olevien puiden paino jaettiin näytepölkkyjen käyttötilavuuspainolla (vrt. N i s u l a 1963). Pääaineisto sisältää kaikkiaan 860 näytepölkkyä.

Tähän tutkimukseen on pölkkyjen muodon yksityiskohtaista selvittelyä varten mukaan otettu myös ns. u m p i m ä h k ä i s t e n m i t t a u s k o h t i e n aineisto. Tämä aineisto on kerätty kaikista painomittaustutkimuksen kohteiksi joutuneista kuormista, joita oli 109 autokuormaa ja jotka mitattiin 10 kuorman erissä kuukausittain vuosina 1961—1962. Aineisto käsittää mittauksia kaikkiaan 489 pölkystä, jotka jakaantuvat tasaisesti koko aineiston osalle siten, että kuormaa kohden on otettu noin viisi pölkkyä. Nämä pölkyt mitattiin keskeltä ja lisäksi umpimähkäisestä paikasta arpomalla joko pölkyn päistä taikka täydelle desimetrille sattuvasta kohdasta. Umpimähkäisen mittauskohdan paksuus mitattiin samassa suunnassa kuin keskeltä mitattu läpimittakin. Näitä tuloksia nimitetään myöhemmin u m p i m ä h k ä i s e n m i t t a u s k o h d a n mittauksiksi.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Koivupaperipuu koko ja muoto

Koivupaperipuupölkkyjen keskipituudeksi saatiin pääaineistosta 219.3 cm ja samojen pölkkyjen ksylometrissä mitatuksi keskuskuutioksi 32.6 dm^3, jolloin tätä kuutiota vastaavaksi pölkkyjen keskipaksuudeksi tulee 13.76 cm.

Alla olevasta asetelmasta nähdään pölkkyjen latvasta, keskeltä ja tyvestä mitattujen läpimittojen eri tavoin lasketut keskiarvot:

Mittaustapa *Method of measurement*	Neliökeskiarvo *Mean of squares*	Aritmeettinen keskiarvo *Aritmetical mean*		
	Läpimitta, cm *Diameter, cm*		Hajonta, cm *Standard deviation, cm*	Variaatiokerroin, % *Variation coefficient, per cent*
Latvasta — *At the top end*	12.86	12.47	3.13	25.1
Keskeltä — *At the middle*	13.75	13.40	3.11	23.2
Tyvestä — *At the butt end*	15.34	14.89	3.69	24.8

Asetelman perusteella havaitaan, että pölkkyjen keskeltä mittaamalla saadun läpimitan neliökeskiarvo on saman suuruinen kuin ksylometrimittauksen perusteella saatu tulos, 13.76. Tämä viittaa siihen, että kuorellisia koivupaperipuita mitattaessa keskeltämittaus antaa samat tulokset kuin ksylometrimittauksin, mikä viittaa siihen, että koivupaperipuupölkyt olisivat keskimäärin paraboloidin muotoisia.

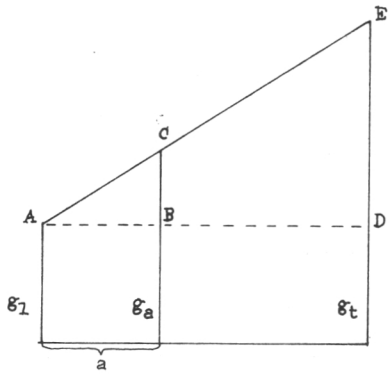
Koska Huberin kaava [1]) ja Smalianin kaava [2]) antavat saman tuloksen, jos pölkyt ovat paraboloidin muotoisia, tulisi myös nyt kyseessä olevassa tapauksessa Smalianin kuution ja Huberin kuution olla yhtä suuria. Näin ei kuitenkaan ole asianlaita, vaan on havaittu, että Smalianin kuutio on 105.9 prosenttia Huberin kuutiosta.

---

[1]) $v = l\ g_{1/2}$

[2]) $v = l\ \frac{g_t + g_l}{2}$, missä

v = pölkyn kuutio,
l = » pituus,
g_t = pölkyn tyven poikkileikkauspinta-ala,
$g_{1/2}$ = » keskikohdan poikkileikk. pinta-ala,
g_l = » latvan poikkileikk. pinta-ala.



Kuva 2. Paraboloidin muotoisen pölkyn poikkileikkauspinta-alojen kaavamainen esitys
Fig. 2. The cross-sectional areas of paraboloid-shaped bolts schematically.

Tämän näennäisesti yllättävän tuloksen valaisemiseksi tulee tarkastella lähemmin koivupaperipuiden muotoa. Muotoa tarkastellaan tässä tapauksessa siten, että tutkitaan, miten pölkkyjen poikkileikkauspinta-ala muuttuu latvasta tyveen mentäessä. Jos pölkyt olisivat paraboloidin muotoisia, niin pohjapinta-ala kasvaisi tasaisesti latvasta tyveen ja tätä muuttumista voitaisiin kuvata suoraviivaisesti seuraavan yhtälön perusteella:

$$(1) \quad g_a = \frac{a}{l}(g_t - g_l) + g_l,$$

missä

g_t = pölkyn tyven poikkileikkauspinta-ala,
g_l = » latvan » ,
g_a = a:n etäisyydellä latvasta mitattu poikkileikkauspinta-ala,
a = poikkileikkauspinta-alan g_a:n etäisyys pölkyn latvasta ja
l = pölkyn pituus.

Yhtälön paikkansapitävyys voidaan todistaa kuvassa 2 näkyvien yhdenmuotoisten kolmioiden ABC ja ADE perusteella, jolloin saadaan seuraava verranto:

$\frac{a}{g_a - g_l} = \frac{l}{g_t - g_l}$, josta ratkaisemalla saadaan yhtälö (1)

Sijoittamalla yhtälöön (1) $a = 0.5\ l$ saadaan g_a:n arvo, joka vastaa pölkyn keskeltä mitattua pohjapinta-alaa $g_{1/2}$. Tällöin yhtälö voidaan kirjoittaa seuraavaan muotoon:

$$(2) \quad g_{1/2} = \tfrac{1}{2}(g_t - g_l) + g_l.$$

Yhtälön (2) sievennyksen jälkeen saadaan:

$$(3) \quad g_{1/2} = \frac{g_t + g_l}{2}.$$

Kertomalla yhtälön (3) kummatkin puolet pölkyn pituudella saadaan yhtälö:

$$(4) \quad lg_{1/2} = l \frac{g_t + g_l}{2}.$$

Tässä yhtälössä vasen puoli edustaa ns. Huberin kaavaa ja oikea puoli ns. Smalianin kaavaa. Yleisesti tunnettu tosiasia on, että Huberin kaava ja Smalianin kaava kuutioivat oikein yksinomaan paraboloidin muotoisia pölkkyjä. Mikäli kyse on siis paraboloidin muotoisista pölkyistä, voidaan edellisen perusteella päätellä, että näiden pölkkyjen millä tahansa etäisyydellä latvasta mitattu pohjapinta-ala on suoraviivaisessa riippuvuussuhteessa siihen etäisyyteen, millä tämä pohjapinta-ala on pölkyn latvasta lähtien mitattuna.

Tämän jälkeen käydään lähemmin tarkastelemaan mitattujen aineistojen perusteella sitä seikkaa, missä määrin a:n etäisyydellä pölkyn latvasta mitattu pohjapinta-ala muuttuu a:n kasvaessa eli ts. edettäessä pölkyn latvasta tyveen. Tällä tavalla voidaan tehdä havaintoja siitä, missä määrin koivupaperipuupölkyt todellisuudessa noudattavat paraboloidin muotoa.

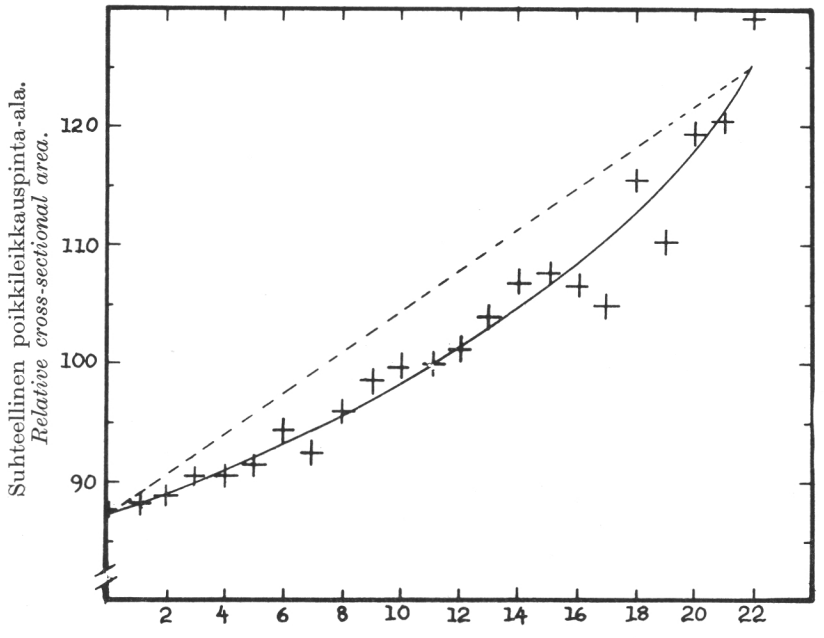
Pohjapinta-alojen muutoksia on seurattu suhteellisten arvojen perusteella siten, että pölkyn keskeltä mitattua pohjapinta-alaa on merkitty sadalla, jolloin muista kohdista pölkkyjä mitattujen pohjapinta-alojen suuruus ilmoitetaan prosentteina keskeltämitatusta pohjapinta-alasta.

Kuvassa 3 esitetään umpimähkäisten mittauskohtien aineiston perusteella suhteelliset pohjapinta-alat, jotka on tasoitettu viiden pisteen liukuvaa tasoitusmenetelmää käyttäen. Tällä tavoin saatu tasoitusviiva osoittaa selvästi, miten pohjapinta-alojen suuruus kasvaa käyräviivaisesti ja lisääntyvällä nopeudella pölkyn latvasta tyveen päin. Tämä havainto viittaa siihen, että koivupaperipuupölkyt poikkeavat keskimäärin paraboloidin muodosta.

Kun saadun tasoitusviivan rajoittaman kuvion pinta-ala lasketaan, saadaan tietää käsillä olevan aineiston keskipölkyn suhteellinen stereometrinen kuutio.

Jos oletetaan, että tutkitut pölkyt ovat keskimäärin paraboloidin muotoisia ja niiden latvasta- ja tyvestämitatut suhteelliset pohjapinta-alat ovat kuvassa 3 esitetyn suuruisia, niin tällaisen paraboloidisen pölkyn muita pohjapinta-aloja voitaisiin kuvata piirroksessa esitetyllä katkoviivalla kuvatulla suoralla. Tämän suoran ja piirroksessa esiintyvän stereometristä kuutiota rajaavan tasoitusviivan väliin jäävä alue osoittaa, kuinka paljon Smalianin kaavaa käyttäen saatu kuutio on stereometristä kuutiota suurempi.

Tämän eron numeerinen suuruus voidaan laskea kuvan perusteella. Jos keskeltämitattua kuutiota merkitään sadalla, saadaan stereometriseksi



Pölkyn poikkileikkauspinta-alojen mittauskohtien etäisyys pölkyn latvasta, dm.
Distance of the point of measuremeut of the cross-sectional area from the top end of bolt, dm·

Kuva 3. Koivupaperipuiden suhteelliset poikkileikkauspinta-alat. Pölkkyjen keskeltämitattua poikkileikkauspinta-alaa on merkity sadalla (= 100).
Fig. 3. The relative cross-sectional areas of birch pulpwood bolts. The cross-sectional area measured at the middle of the bolts = 100.

kuutioksi 101.6 ja Smalianin kuutioksi 106.6. Smalianin kuutio on siis 6.6 % keskeltämitattua ja 4.9 % stereometristä kuutiota suurempi.

Kun vastaavat arvot laskettiin sivulla 13 olevassa asetelmassa esitetylle pääaineistolle ja meneteltiin siten, että latvasta- ja tyvestämitatut suhteelliset pohjapinta-alat merkittiin kuvaan 3 ja piirrettiin näiden pisteiden kautta kuvassa ennestään esiintyvää ohjekäyrää tukena käyttäen pohjapinta-alojen kuvaaja, voitiin saadun tasoitusviivan perusteella laskea edellisessä kappaleessa saatuja tuloksia vastaavat arvot. Tässä tapauksessa saatiin stereometriseksi kuutioksi 101.4 ja Smalianin kuutioksi 105.9. Nyt Smalianin kuutio oli 5.9 % keskeltämitattua ja 4.4 % stereometristä kuutiota suurempi.

Molempien aineistojen perusteella saatiin siis käytännöllisesti katsoen samaa suuruusluokkaa olevia tuloksia, jolloin stereometrinen kuutio saatiin kummassakin tapauksessa keskeltämitattua kuutiota suuremmaksi. Kuitenkin tämän luvun alussa havaittiin keskeltämitatun kuution ja ksylometrikuution olevan saman suuruisia. Saavutettujen tulosten ristiriitaisuuden

takia on syytä ensi kädessä epäillä joko sitä, että pölkyn keskeltämitatut läpimitat on mitattu liian suuriksi tai sitä, että ksylometrimittauksen tulokset on saatu liian suuriksi tai sitä, että ksylometrimittauksen tulokset on saatu liian pieniksi esim. sen takia, että mitattavat pölkyt ovat upoksissa ollessaan imeneet itseensä vettä. Näitä seikkoja on tämän takia syytä tarkastella yksityiskohtaisemmin.

Periaatteessa ksylometrimittaus antaa tarkkoja tuloksia. Kuten tunnettua tämä mittaustapa perustuu siihen, että mitataan sen vesimäärän suuruus, jonka veteen upotettu kappale syrjäyttää. Jos vettä ei imeydy kappaleisiin ollenkaan, niin saadaan kappaleiden kuutio hyvin tarkasti. Silloin kun ksylometrillä mitataan puutavaraa on aiheellista kuitenkin epäillä, että jonkun verran vettä imeytyy puuhun mittauksen aikana. Jos mitattavana on kuitenkin sellaista puutavaraa, jonka kosteus on puunsyiden kyllästymispisteen yläpuolella, niin veden imeytymistä ei voi enää tapahtua miselleiden väliin. Imeytymistä voi kyllä tapahtua puussa oleviin kapillaariputkiin, mutta silloin, kun puu on kokonaan upotettu veteen, lienee imeytyminen kapillaarihuokosiinkin vähäistä, sillä kapillaariputkissa olevan ilman pitäisi päästä ensin poistumaan, ennenkuin vesi pääsee tunkeutumaan niihin sisälle. Koska pölkky on upoksissa ollessaan kuitenkin joka puolelta veden ympäröimä, täytyy kapillareista poistuvan ilman voittaa ympärillä olevan veden paineen, mistä johtuen veden tunkeutuminen kapillaarisiin huokosiin on huomattavasti hitaampaa kuin siinä tapauksessa, että kapillaariputkissa esiintyvä ilma voisi jotain toista tietä päästä puusta vapaasti pois sillä aikaa, kun vesi tunkeutuu niihin toisesta päästä.

Mainittua perustelua tukevat aikaisemmin suorittamani tutkimukset (N i s u l a 1962 ja 1967), joiden mukaisesti veden imeytyminen siihen upotettuun puuhun on hidasta.

Siinä tapauksessa, että vesi imeytyy puussa olevien misellien väliin, on todennäköistä, että tämä vesimäärä ei näy ksylometrin mitta-asteikolla, koska on syytä olettaa esitettyihin teorioihin nojautuen, että puu paisuu tällöin juuri sillä määrällä, minkä verran vettä imeytyy misellivälеihin.

Miselleiden väleihin imeytynyt vesimäärä ei näy siis ksylometrin mitta-asteikolla eikä siis voida myöskään havaita punnittaessa puuta vedessä. Mikäli veden pinta ksylometrin asteikolla laskeutuu sen jälkeen kun puu on siihen upotettu, niin laskeutuma ilmoittaa lähinnä puun kapillarisiin huokosiin tai muihin huokosiin ja koloihin tunkeutuneen veden määrää. Samat seikat aiheuttavat sen, että veteen upotetun puun paino vähenee sitä mukaan, kuin vettä imeytyy juuri mainittuihin paikkoihin.

Ksylometrimittauksia käytännössä suoritettaessa on havaittavissa, että varsinaisena mittausaikana, mikä merkitsee noin neljännesminuutin pituista aikaa, ei voida havaita asteikkolukeman pienentymistä. Jos teemme sel-

laisen olettamuksen, että käsillä olevan pääaineiston keskipölkky, jonka kuutio oli edellä saadun mukaisesti 32.6 dm^3, vetäisi mittauksen aikana sisäänsä esim. 5 % vettä, saataisiin pölkyn tilavuudeksi ksylometrin avulla 31 dm^3. Tämä merkitsee sitä, että veden pinnan pitäisi laskeutua noin 35.7 cm läpimittaisessa lieriöksylometrissä 1.6 cm, mikä tulos ei millään tavalla vastaa käytännöstä saatua kokemusta.

Syytä siihen, miksi kuitenkin käsillä olevan pääaineiston perusteella saatiin ksylometrillä mitattu kuutio saman suuruiseksi kuin keskeltämittaamalla saatu kuutio, on siis etsittävä muualta. Tällöin tulee ensimmäisenä mieleen kysymys siitä, missä määrin esim. tyvipölkkyjen kohdalla stereometrinen mittaus antaa oikeita tuloksia. Jos ajattelemme kilpikaarnaisia tyvipölkkyjä, niin mittasaksilla saamme aina liian suuren läpimitan, koska rosoisessa kaarnassa olevat kolotkin tulevat mitatuiksi puuna. Näin on ymmärrettävissä, että kilpikaarnaisten pölkkyjen kaulaimella mitattu kuutio saadaan pölkyn todellista kuutiota suuremmaksi. Mikäli kilpikaarna ulottuu pölkyn keskelle saakka, on syytä lisäksi olettaa, että pölkyn keskeltämitattu poikkileikkauspinta-alakin saadaan todellista pinta-alaansa suuremmaksi.

Mikäli pölkyissä on lisäksi poikkileikkauspinta-alaa rajaavassa kehässä painumia, kuten esim. selvästi on asianlaita juurenniskojen alueella, saadaan mittasaksilla mitaten saadut pinta-alat aina liian suurina, koska mittasaksilla ei ole mahdollista mitata mittauskohdalle sattuvia puun keskustaan päin ulottuvia poukamia.

Edellä esitetun perusteella tuntuu luonnolliselta, että varsinkin kuorellisten pölkkyjen ksylometrikuutio jää aina pienemmäksi kuin niiden stereometrinen kuutio. Sen sijaan tuntuu luonnolliselta, että kuorittujen pölkkyjen ksylometrikuutio on paljon lähempänä stereometristä kuutiota, koska tällöin stereometrisessä kuutiossa pölkyt tulevat liian suuriksi pääasiassa vain silloin, kun pölkyissä on poikkileikkauspintaa rajaavan kehän painaumia. Tarkastelemalla A r o n (1958) julkaisemia tuloksia (taulukko 6, sivu 29), jotka koskevat Pohjois-Suomessa ksylometrillä mitattuja 2-metrisiä kuorellisia ja kuorittuja havupuupölkkyjä, voidaan saada vahvistusta juuri tehdylle otaksumalle. Tällöin nimittäin esim. 2-metristen kuoripäällisten kuusipaperipuiden tyvien ksylometrikuutio saatiin 100.7 % ja samojen pölkkyjen kuorittu kuutio 102.4 % keskeltämittaamalla saatua kuutiota suuremmaksi. Tulosten perusteella voidaan tehdä mm. sellaisia päätelmiä, että kuorelliset kuusipölkyt ovat paremman muotoisia kuin kuoritut. Tällaisiin päätelmiin ei liene kuitenkaan mitään oikeutta, vaan ero johtunee tässä tapauksessa pääasiassa vain siitä, että kuorellisten pölkkyjen keskeltämitattu kuutio on, pääasiassa tyvikaarnan rosoisuuden johdosta saatu vähän liian suureksi, jolloin ksylometrikuution ja keskeltämitatun kuution poikkeama on jäänyt pienemmäksi kuin kuorittujen pölkkyjen kohdalla, missä kuoren takia ei ole ollut mittaushankaluuksia.

Siitä johtuen, että kuorelliseen koivupaperipuuhun sisältyy aina myös sellaisia pölkkyjä, joissa rosoinen kaarna ulottuu keskikohdan yläpuolellekin, on todennäköistä, että keskeltämitattu poikkileikkauspinta-ala saadaan hieman liian suureksi, mikä seikka saattaa vaikuttaa pölkkyjen muodosta huolimatta siihen, että keskeltämitattu ja ksylometrikuutio saadaan keskimäärin saman suuruisiksi. Tämän ilmiön ei siis tarvitse olla merkkinä siitä, että pölkyt olisivat paraboloidin muotoisia.

Sen seikan selvittämiseksi, missä määrin pölkyt ovat paraboloidin muotoisia, kuten tavallisesti esitetään, tutkittiin erikseen omina ryhminään umpimähkäisten mittauskohtien pölkyistä tyvipölkyt ja ns. muut pölkyt, jotka oli hakattu rungoista tyvipölkkyjen yläpuolelta. Tulokset esitetään kuvassa 4, jossa kuvaajina esiintyy kolme käyrää, jotka leikkaavat toisensa pölkyn keskellä. x-akselilla esitetään pölkkyjen poikkileikkauspinta-alojen mittauskohtien etäisyys pölkyn latvasta ja y-akselilla suhteelliset poikkileikkauspinta-alat vastaavalla tavalla kuin kuvassa 3.

Kuvan 4 perusteella voidaan ns. muiden pölkkyjen katsoa olevan lähimain joko kartion tai neiloidin muotoisia. Tässä tapauksessa ne oletetaan neiloidin muotoisiksi. Tyvipölkyt sen sijaan muodostavat aivan omalaatuisen kuvaajansa, joka ei edusta mitään edellä mainittua matemaattista kappaletta. Tämän asian tarkempaan perusteluun palataan myöhemmin.

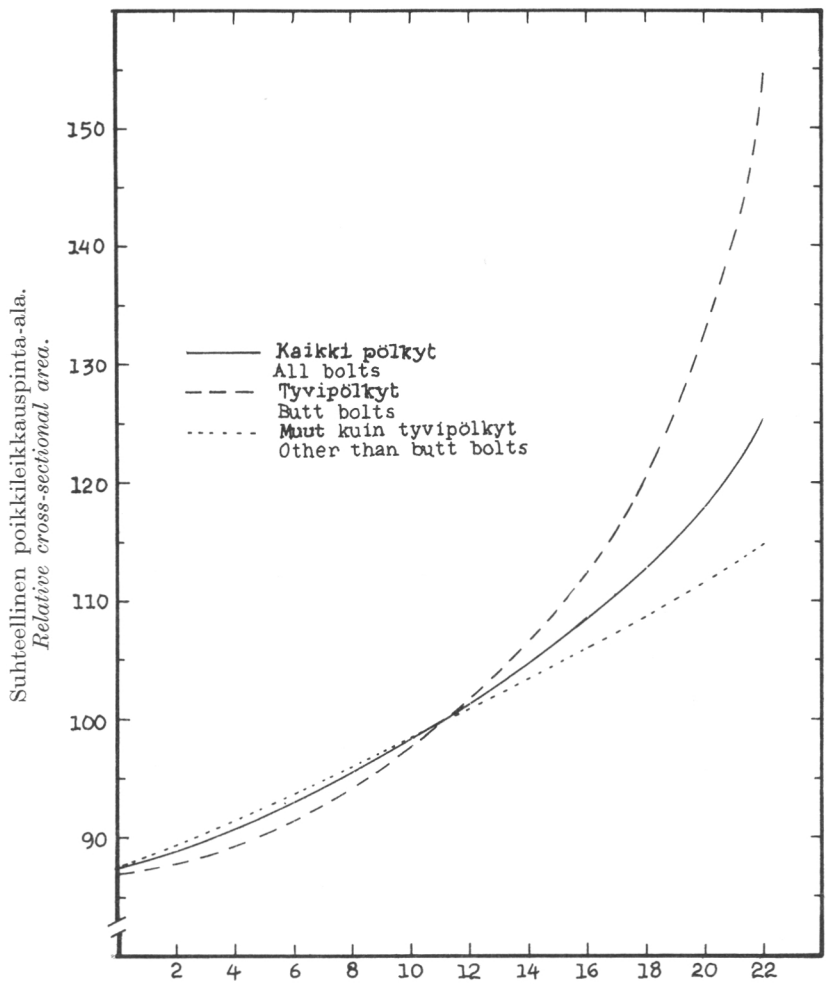
Kun kuvassa 4 näkyvien käyrien perusteella laskettiin yllä mainittujen pölkkyryhmien suhteelliset kuutiot, jolloin keskeltämitattua kuutiota kussakin ryhmässä merkittiin sadalla, saatiin tyvipölkkyjen kuutioksi 103.8, ns. muiden pölkkyjen kuutioksi 99.96 ja keskimäärin kaikkien pölkkyjen kuutioksi 101.6.

Tämän perusteella voidaan päätellä, että ns. muiden pölkkyjen kohdalla ksylometrikuutio lienee hieman keskeltämitattua kuutiota suurempi ja tyvipölkkyjen kohdalla näin on asianlaita selvästi. Samansuuntaiseen tulokseen on tullut A r o (1958) 2-metristen kuorellisten kuusipaperipölkkyjen kohdalla Pohjois-Suomessa, jolloin kuusityvien kohdalla ksylometrikuutio oli 100.7 ja kuusilatvojen kohdalla, joihin kuuluivat ns. muut pölkyt, oli vastaava prosenttiluku 99.5 vastaavasta keskeltämitatusta kuutiosta. Keskimäärin koko kuusipaperipuuaineistolle havaitsi A r o ksylometrikuution olevan 99.6 % keskeltämitatusta kuutiosta.

Mainitussa A r o n (1958) aineistossa oli puolipuhtaiden kuusipaperipuiden ksylometrikuutio tyvipölkkyjen kohdalla 102.4 % ja muiden pölkkyjen kohdalla 99.7 % ja keskimäärin 100.7 % keskeltämitatusta kuutiosta.

M ü l l e r (1902) esittää pölkkyjen kuutioimiseksi seuraavan kaavan:

$$(5)\quad V = \frac{1}{r+1}\, l \left[\frac{g_t \sqrt[R]{g_t} - g_l \sqrt[R]{g_l}}{\sqrt[R]{g_t} - \sqrt[R]{g_l}} \right]$$



Pölkyn poikkileikkauspinta-alojen mittauskohtien etäisyys pölkyn latvasta, dm.
Distance of the point of measurement of the cross-sectional area from the top end of bolt, dm.
Kuva 4. Eri osista runkoa saatujen koivupaperipuiden suhteelliset poikkileikkauspinta-alat. Pölkkyjen keskeltämitattua poikkileikkaupinta-alaa on merkitty sadalla (= 100).
Fig. 4. Relative cross-sectional areas of birch pulpwood bolts from different parts of the stem. The cross-sectional area at the middle of the bolts = 100.

missä

V = pölkyn kuutio,
l = pölkyn pituus,
g_t = pölkyn tyvileikkauksen pinta-ala,
g_l = pölkyn latvaleikkauksen pinta-ala,
r = »muotoeksponetti», jonka suuruus riippuu pölkyn matemaattisesta muodosta. »Muotoeksponenttien» suuruudet ovat eri muotoisille matemaattisille kappaleille seuraavat:

lieriö, r = 0

paraboloidi, $r = 1$
kartio, $r = 2$ ja
neiloidi, $r = 3$.

Lieriö, paraboloidi, kartio ja neiloidi ovat siis yksikäsitteisesti täsmällisiä matemaattisia kappaleita. Mikäli pölkky ei ole mikään mainituista matemaattisista kappaleista, niin silloin ei voida myöskään sanoa, että pölkky on lieriön, paraboloidin, kartion tai neiloidin muotoinen. Luonnollisesti pölkyn muoto voi kyllä lähennellä matemaattisen mallinsa muotoa, mutta tällöin on kuitenkin tarkkaan pidettävä huolta siitä, että esim. sanontaa »neiloidia lähentelevä» ei käsitetä liian laajasti. Tällainen virhe näyttää hyvin usein tapahtuvan esim. tyvipölkkyjen kohdalla. Tällöin saatetaan esim., mikä ei ole lisäksi ollenkaan harvinaista, puhua tyvipölkkyjen voimakkaasta neiloidisuudesta, jolla halutaan sanoa sitä, että tyvipölkkyjen pohjapinta-ala kasvaa nopeasti latvasta tyveen päin siirryttäessä. Periaatteessa tuskin voidaan puhua voimakkaasta tai vähemmän voimakkaasta neiloidisuudesta, koska »muotoeksponetti» eli r on aina neiloidin kohdalla suuruudeltaan 3. Jos siis tyvipölkyn kapeneminen on latvasta tyveen erittäin nopeata, niin silloin saattaa käydä niin, ettei todellisuudessa ole kysymyksessäkään mikään edellä luetelluista matemaattisista mallikappaleista, vaan kokonaan omalaatuista muotoa edustavasta kappaleesta. Tähän seikkaan saadaan lisävalaistusta alempana.

M ü l l e r on esittänyt yllä mainitun kaavan sievennetyssä muodossa erikseen katkaistulle paraboloidille, kartiolle ja neiloidille, jolloin kaava on saanut seuraavat muodot:

(6) katkaistu paraboloidi:

$$V = \tfrac{1}{2}\, l\, (g_t + g_l)$$

(7) katkaistu kartio:

$$V = \tfrac{1}{3}\, l\, (g_t + \sqrt{g_t g_l} + g_l)$$

(8) katkaistu neiloidi:

$$V = \tfrac{1}{4}\, l \left[g_t + \sqrt[3]{g_t g_l}\, (\sqrt[3]{g_t} + \sqrt[3]{g_l}) + g_l \right]$$

Kun näitä kaavoja sovelletaan käsillä olevan tutkimuksen pääaineistoon, sekä niistä pääaineistosta valittuihin tyvipölkkyihin ja ns. muihin pölkkyihin, joista oli puhe sivulla 12, saatiin taulukossa 1 esiintyvät (rivit 1—3) suhteelliset arvot, kun pölkkyjen keskeltämittaamalla saatua kuutiota on merkitty arvolla 100. Samaan taulukkoon on lisäksi merkitty suhteelliset arvot myös saaduista ksylometrikuutioista ja stereometrisistä kuutioista (rivit 4—5). Vielä on taulukkoon laskettu ko. pölkkyryhmien Huberin, Smalianin ja Newtonin kaavaa käyttäen saadut suhteelliset kuutioarvot (rivit 6—7).

Tarkastelemalla taulukkoa 1 voidaan havaita, että jos 2.2-metriset koivupölkyt ovat paraboloidin, kartion ja neiloidin muotoisia (rivit 1—3), niin tämä seikka ei suuresti vaikuta pölkkyjen kuutioon. Kaikissa tapauksissa ero näyttää jäävän huomattavasti alle yhden prosentin. Tähän samaan tosiasiaan olen viitannut aikaisemmin (Nisula 1967) kuusipaperipuiden kohdalla.

Mielenkiintoisena seikkana on pantava merkille, että ns. muut pölkyt ovat eri muotoisina matemaattisina malleina kuutioitaessa suunnilleen saman suuruisia kuin keskeltämittaamalla eli Huberin kaavalla kuutioidut pölkytkin. Tyvipölkkyjen kohdalla sen sijaan matemaattisten kappaleiden kuutiot jäävät keskeltämitattua kuutiota huomattavasti suuremmiksi. Tämän perusteella voidaan selvästi havaita, että tyvipölkyt eivät ole lähimainkaan mainittujen matemaattisten malliensa muotoisia. Tyvipölkyt eivät siis ole edes neiloideja, vaan jonkun muun muotoisia kappaleita, joiden muoto määräytyy lähinnä tyvilaajeneman ja juurenniskojen vaikutuksen perusteella.

Tyvilaajeneman ja juurenniskojen vaikutuksen takia tyvipölkkyjä ei käy kuutioiminen Huberin, Smalianin tai Newtonin kaavojen avulla. Sen sijaan mainitut kaavat näyttävät kyllä soveltuvan varsin hyvin ns. muiden pölkkyjen kuutioimiseen.

Koska tyvipölkyt eivät ole neiloideja, niitä ei voida tarkoissa mittauksissa kuutioida esim. Newtonin kaavalla, eikä asiaa myöskään tällöin voida korjata siten, että tyven mittaaminen suoritettaisiin esim. jonkun matkan päästä tyvestä. Tosin systemaattinen kuutioimisvirhe voidaan saada tällöin pienentymään, mutta epävarmaksi jää miten kuutioimisvirhe voitaisiin kokonaan välttää. Tyvipölkkyjen kuutioiminen lienee varminta suorittaa ksylometrillä. Mikäli kuitenkin halutaan tietää lähinnä mittasaksilla mitattavissa oleva kuutio, niin tyvipölkkyjen kuutioiminen voidaan suorittaa myös stereometrisesti, esim. sivulla 12 esitettyä menetellytapaa käyttäen. Tällöin saatu kuutio kuitenkin sisältää myös niiden rosojen ja poimujen välisen tilan, joka jää kaulainmittauksen ja todellista poikkileikkauspinta-alaa rajaavan kehän väliin. Tosin tällainen mittaus on ehkä paikallaan silloin, kun pyritään muuntolukuihin, joilla hakattu puutavara tahdotaan muuntaa vertailukelpoiseksi pystypuun arvioinnin yhteydessä saatujen kuutiolukujen kanssa. Pystypuuthan yleensä kuutioidaan kaulainmittauksiin perustuen ja myös niiden kuutioon yleensä sisältyy mainitut kolot ja painumat. Näiden kolojen ja painumien kuutio voidaan tällöin hyvin laskea kuoren osuudeksi, koska kuori toistaiseksi on meillä ollut arvotonta puun osaa ja koska kuoren paksuus esim. kuorimittaria käyttäen joudutaan olosuhteiden pakosta määrittelemään siten, että kuoren paksuuteen sisältyy aina myös esim. kaarnakuoressa esiintyvät rosojen väliset tyhjät tilat.

Taulukko 1. Eri tavalla kuutioitujen pölkkyjen kuutio prosentteina keskuskuutiosta.
Table 1. The volume of bolts cubed in different ways expressed as per cents of that based on measurement at the middle of the bolts.

Kuutioimistapa *Method of cubing*	Pääaineisto kaikkiaan *The principal material in total*	Pääaineistosta valitut *Bolts chosen from the principal material*	
		Tyvipölkyt *Butt bolts*	Muut kuin tyvipölkyt *Other than butt bolts*
	Kuutio prosenttia keskuskuutiosta *Volume as per cents of that based on measurement at the bolt middle*		
1. Paraboloidin kaava (6) — *The formula of the paraboloid* (6)	105.88	119.59	100.34
2. Kartion kaava (7) — *The formula of the cone (7)*	105.33	118.09	100.03
3. Neiloidin kaava (8) — *The formula of the neiloid (8)*	105.15	117.57	99.92
4. Ksylometrimittaus — Measurement in a xylometer	100.0	101.8	99.6
5. Stereometr. mittaus—*Stereometrical measurement*	101.4	103.8	100.0
6. Huberin kaava [1]) — *Huber's formula* [1])	100.0	100.0	100.0
7. Smalianin kaava [2]) — *Smalian's formula* [2])	105.88	119.59	100.34
8. Newtonin kaava — *Newton's formula*	101.96	106.53	100.01

Kun pysähdytään tarkastelemaan vielä taulukossa 1, riveillä 7—8, esiintyviä muiden pölkkyjen kohdalla olevia lukuarvoja, huomataan, että Smalianin kaavalla on saatu liian suuri kuutio, mutta Newtonin kaavaa käyttäen kuutio on sama kuin keskeltämitattuna. Tämä tulos viittaa siihen, että kysymyksessä olevat pölkyt eivät voi olla paraboloidin muotoisia kappaleita, sillä Smalianin kaavan pitäisi siinä tapauksessa antaa saman tuloksen kuin Huberin kaavankin. Pölkkyjen täytyy siis olla joko neiloideja tai kartioita, sillä Newtonin kaava antaa saman kuution vain siinä tapauksessa, että kappale on joko paraboloidi, kartio tai neiloidi. Tässä tapauksessa jää siis ratkaistavaksi kysymys siitä, ovatko käsillä olevat ns. muut pölkyt lähempänä neiloidista vaiko paraboloidista mallia.

Kuten taulukon 1 riveiltä 2—3 huomataan, on ns. muiden pölkkyjen kuutio saatu kartion ja neiloidin kaavoilla lähipitäen saman suuruisiksi. Kun pölkyt kuutioitiin lisäksi kartion ja neiloidin kaavoja käyttäen ottamalla kuutioinnissa huomioon myös keskeltä pölkkyä suoritettu mittaus, saatiin kartion kaavaa käyttäen suhteelliseksi kuutioksi 100.09 ja neiloidin kaavaa käyttäen 100.07. Tämän tuloksen perusteella voidaan kyseessä olevat koivupölkyt katsoa yhtä hyvin neiloidin kuin kartion muotoa lähenteleviksi. Pölkyt lienevät kuitenkin jonkun verran lähempänä neiloidista kuin kartiomaista muotoa. Tähän seikkaan viittaa myös esim. taulukon 1 rivillä 8 Newtonin kaavaa käyttäen saavutettu tulos.

[1]) (9) $V = lg_{1/2}$

[2]) (10) $V = l \frac{g_t + g_l}{2}$

Se, että kyseessä olevien pölkkyjen ksylometrikuutio, joka nähdään riviltä 4, on keskeltämitattua kuutiota pienempi, ei vastaa sitä johtopäätöstä, joka tehtiin aikaisemmin, nimittäin että pölkyt olisivat lähimain neiloidisia muodoltaan. Tämän takia kysymystä on tarkasteltava vielä yksityiskohtaisemmin.

Tirenin (1929) tutkimusten mukaisesti johtavat sattuvalta puolelta suoritetut paksuuden mittaukset yksipuolisesti virheelliseen tulokseen puun poikkileikkauspinnan suuruudesta. Tarkimmissakin mittauksissa eli ts. silloin kun poikkileikkauspinta-alat lasketaan ristiinmittausten perusteella ja geometristä keskiarvoa käyttäen jää Tirenin mukaan pinta-aloja rasittamaan alle yhden prosentin suuruinen systemaattinen positiivinen virhe.

Tirenin (1929) toteamuksen perusteella onkin selvitettävissä taulukon 1 tulos, jonka perusteella ksylometrikuutio on jäänyt ns. muiden pölkkyjen kohdalla keskeltämitattua kuutiota pienemmäksi. Myös se, miksi Aro (1958) on edellä kerrotuissa esimerkeissä päätynyt siihen, että latvapölkkyjen ksylometrikuutio on jonkun verran keskeltämitattua kuutiota pienempi, voidaan luontevasti selittää Tirenin (1929) tutkimustulosten perusteella.

Jos lähdetään siitä olettamuksesta, että ksylometriä käyttäen saadaan selville pölkkyjen todellinen kuutio, jonka suhteelliseksi arvoksi ns. muiden pölkkyjen kohdalla saatiin 99.6, on tämä tulos kerrottava stereometristä mittausta käyttäen saadun tuloksen (100.0) ja ksylometrisen mittauksen tuloksen (99.6) välisellä suhteella eli arvolla 1.004, jotta saataisiin vastaava keskeltämitattu tulos.

Kun juuri saadulla kertoimella sitten suurennetaan tyvipölkkyjen suhteellista ksylometrikuutiota (101.8), saadaan luku 102.2, jota voidaan verrata tyvipölkkyjen stereometrisen mittauksen perusteella saatuun suhteelliseen arvoon 103.8. Silloin huomataan näiden arvojen erotukseksi 103.8—102.2 = 1.6, joka ilmoittaa suunnilleen sen, kuinka monta prosenttia tyvipölkyissä on kaarnarosojen ja poikkileikkauspinta-alan rajaavan kehän painumia.

Käsillä olevassa aineistossa näyttää siis mainittujen rosojen välisen ilmatilan ja painumien suuruus olevan tyvipölkyillä noin 1.5 prosenttia stereometristä mittausta käyttäen saadusta kuutiosta.

42. Koivupaperipuun pinotiheys

Sivulla 11 esitettyä valokuvausmenetelmää käyttäen saatiin koivupaperipuun kylkitiheydeksi 0.692. Pinosta toiseen tämä luku vaihteli, hajonnan ollessa 0.031 ja variaatiokertoimen 4.48 %.

Saman aineiston kiintotiheydeksi, joka määriteltiin sivulla 12 mainittua menetelmää käyttäen saatiin 0.653, hajonnaksi 0.033 ja variaatiokertoimeksi 5.05 %. Kiintotiheys näyttää siis olevan kylkitiheyttä pienempi, mutta sen vaihtelu on kylkitiheyden vaihtelua suurempi.

Koska sekä kylkitiheys että kiintotiheys ovat käsillä olevassa tapauksessa määritelty kuormista otettujen näytteiden perusteella, on ilmeistä, että nyt saadut hajontaluvut ovat kummassakin tapauksessa jonkun verran suurempia kuin mitä ne olisivat kokonaisten kuormien täydellisen mittauksen perusteella.

Laskemalla havaitaan yllä saadun kylkitiheyden olevan 106.0 prosenttia vastaavasta kiintotiheydestä. Tässä yhteydessä on mielenkiintoista havaita, että aikaisemmin sivulla 16 havaittiin Smalianin kuution olevan lähimain saman verran eli tarkemmin sanottuna 105.9 % keskeltämitatusta kuutiosta. Aineiston kylkikuutio näyttää siis olevan lähimain yhtä monta prosenttia keskuskuutiosta kuin kylkitiheyskin on kiintotiheydestä.

Nämä luvut eivät ole kuitenkaan täysin vertailukelpoisia. Tulee nim. muistaa, että saatu kylkitiheyden ja kiintotiheyden suhde (106.0 %) perustuu kylkitiheyden valokuvista laskettuun tiheyteen. Tällöin pölkkyjen poikkileikkauspinta-alat on mitattu kuvista lähinnä todellisina, kun taas sivulla 16 saatu tulos 105.9 perustuu kaulaimella suoritettuihin mittauksiin, joihin sisältyy kaarnarosojen ja pölkkyjen poikkileikkauspinta-alaa rajaavien kehän painumien välinen tyhjä tila.

Tämän tutkimuksen perusteella ei ole ollut mahdollisuuksia selvitellä valokuvista mitatun kylkitiheyden mittaamisen tarkkuutta. Tutkimuksen perusteella ei ole ollut myöskään mahdollista selvittää todellisen poikkileikkauspinta-alan ja kaulaimella mitatun poikkileikkauspinta-alan välillä vallitsevaa eroa pölkyn eri kohdilla. Se korjaustekijä, jota pitäisi soveltaa esim. pölkyn keskeltä ja sen tyvestä kaulaimella mitatun poikkileikkauspinta-alan korjaamiseen todellista pinta-alaa vastaavaksi, saattaa olla kummassakin tapauksessa jonkun verran eri suuri.

Nyt saavutettu tulos ilmoittaa vain karkeahkosti sen tosiasian, että valokuvista saadun kylkitiheyden ja pinon kiintotiheyden, sekä pölkyistä kaulaimella mittaamalla saadun kylkikuution ja keskuskuution välinen suhde on kummassakin tapauksessa suunnilleen saman suuruinen.

Kun erästä toiseen laskettiin kuinka paljon vaihtelee se prosenttiluku, joka ilmoittaa, miten monta prosenttia pinon kylkikuutio on sen keskuskuutiosta, havaittiin vaihtelu kuvaavan variaatiokertoimen suuruudeksi 4.52 prosenttia. Tämä tulos on samaa suuruusluokkaa kuin valokuvista mittaamalla saatu kylkitiheyden variaatiokerroin (4.48 %). Tämän variaatiokertoimen suuruuteen vaikuttaa lähinnä tyvipölkkyjen muoto ja niiden esiintymisrunsaus. Kuten aikaisemmin havaittiin, ovat ns. muut pölkyt koko lailla lähellä neiloidista tai kartiomaista muotoa, mutta tyvipölkyt ovat

kokonaan omaa erikoislaatuaan, eivätkä noudata yksinkertaisten matemaattisten mallikappaleiden muotoa. Mitä enemmän tyvipölkyissä on esim. juurenniskoja eli ts. mitä matalampaan kantoon ne on tehty tai mitä epätasaisemmin niitä esiintyy mitattavissa erissä, niin sitä suurempaa vaihtelua ne aiheuttavat kylkikuution ja keskuskuution väliseen riippuvuuteen.

Pelkästään edellä esitetyn seikan perusteella voidaan ymmärtää, että kiintotiheyden vaihtelua kuvaavan variaatiokertoimen tulee olla kylkitiheyden variaatiokerrointa suurempi, niin kuin edellä havaittiinkin. Koska keskuskuutio puolestaan poikkeilee kiintokuutiosta puoleen ja toiseen erä erältä, pölkkyjen muodosta riippuen, vaikuttaa tämä myös puolestaan siihen, että kiintotiheyden vaihtelua kuvaavan variaatiokertoimen tulee käytännössä olla suurempi kuin kylkitiheyden vaihtelun variaatiokerroin.

Kun viimeksi mainitun vaihtelun laajuutta pyritiin selvittelemään, meneteltiin siten, että laskettiin kullekin erälle sen stereometrinen kuutio, piirtämällä kuvassa 4 esiintyviä ohjekäyriä tukena käyttäen kullekin erälle tätä vastaava poikkileikkauspinta-alojen kuvaaja. Tämä voitiin suorittaa tyydyttävällä tarkkuudella, koska pölkkyjen latvan, keskikohdan ja tyven suhteellinen poikkileikkauspinta-ala oli jo tiedossa mittauksien perusteella. Tämän jälkeen voitiin kunkin erän stereometrisen kuution likiarvo määrittää ja saatiin tietää, montako prosenttia stereometrinen kuutio oli keskeltämitatusta kuutiosta. Stereometrinen kuutio havaittiin tällöin olevan 101.8 % keskeltämitatusta kuutiosta ja vaihtelua kuvaavan variaatiokertoimen suuruudeksi saatiin 1.24 %. Tämä luku kuvastaa myös suurin piirtein sen variaatiokertoimen suuruutta, joka ilmoittaa, kuinka paljon pinojen kiintokuutiot poikkeilevat samojen pinojen keskuskuutioista.

Kun siis käytännössä pyritään kylkitiheyden kautta pinon kiintotiheyteen, tulee aineisto kerätä sillä tavoin, että sen avulla voidaan tyydyttävällä tarkkuudella määritellä pinon kylkikuution ja kiintokuution riippuvuutta osoittava korjaustekijä.

Mainittuna korjaustekijänä voi olla yksi luku, joka suoraan ilmoittaa kylkikuution ja kiintokuution välisen suhteen tai se voi muodostua sarjasta korjaustekijöitä, jotka esim. määrittelevät kaulaimella mitatun kylkikuution ja keskuskuution välisen suhteen, kaulaimella mitatun keskuskuution ja stereometrisen kuution välisen riippuvuuden ja stereometrisen ja todellisen kuution välisen suhteen.

Kun valokuvan perusteella määritettiin kullekin koe-erälle määräalojen pinotiheys sillä tavoin kun aikaisemmin on selostettu sivulla 11 ja laskettiin määräalojen kylkitiheyden variaatiokerroin kutakin erää kohden, huomattiin kylkitiheyden vaihtelun olevan keskimäärin laajaa ja erästä toiseen verrattain oikukkaasti vaihtelevaa. Pienimmäksi määräalojen variaatiokertoimeksi saatiin eräässä pinossa 5.5 % ja suurimmaksi arvoksi saatiin

eräässä toisessa tapauksessa 17.5 %. Variaatiokertoimien keskiarvoksi saatiin 10.8 %.

Määräalojen kylkitiheyden variaatiokertoimen perusteella voidaan tehdä päätelmiä mm. siitä, kuinka suuri ala pinotavaran kylkipintaa on tutkittava, jotta päästäisiin esim. 1 %:n tarkkuuteen (yksinkertainen keskivirhe). Tällöin kysymys voidaan ratkaista seuraavaa keskivirheen kaavaa käyttäen:

$$(9) \quad \frac{V_{\%}}{\sqrt{n}} = \pm 1,$$

missä

$V_{\%}$ = variaatiokerroin ja
n = määräalojen lukumäärä.

Silloin kun $V_{\%}$:n suuruudeksi otetaan edellä saatu arvo, 10.8 %, saadaan $\pm$ 1 prosentin yksinkertaiseen keskivirheeseen pyrittäessä n:n suuruudeksi 117 kpl. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että pinon kyljestä on mitattava 117 määräalaa, mikä vastaa, kun käytetyn määräalan koko, joka tässä tutkimuksessa on ollut 714 cm², otetaan huomioon, 8.4 m²:n suuruista kokonaispinta-alaa. Kun pyritään suurempiin tarkkuuksiin, esim. siten, että kylkitiheyden likiarvo on ilmoitettava kolmen desimaalin tarkkuudella, kasvaa tutkittavien määräalojen lukumäärä ja niitä vastaava kokonaispinta-ala suureksi.

Esimerkin vuoksi laskettiin kuinka suuri kylkipinta-ala olisi tutkittava, että kylkitiheys voitaisiin kirjoittaa arvona 0.692, mikä tietää sitä, että kylkitiheyden odotusarvo ei saisi poiketa tästä likiarvosta missään tapauksessa enempää kuin $\pm$ 0.0005 yksikköä. Prosentteina lausuttuna tämä merkitsisi sitä, että likiarvo ei saisi poiketa odotusarvostaan $\pm$ 0.07 % enempää.

Tarvittavien määräalojen lukumäärä *(n)* voidaan silloin ratkaista seuraavasta yhtälöstä:

$$\frac{3 \times 10{,}8\ \%}{\sqrt{n}} = 0.07\ \%, \text{ missä } n = 214\ 237 \text{ kpl.}$$

Pinta-aloiksi muutettuna tulos merkitsee sitä, että kylkipinta-alaa pitäisi mitata kaikkiaan 15 297 m² haluttuun tarkkuuteen pääsemiseksi. Käytännössä näin suurien tutkimusten suorittaminen on jo pelkästään taloudellisista syistä johtuen mahdottomuus. Tulos viittaa myös siihen, että kylkitiheyden ilmoittamiseen kolmella desimaalilla lienee vain erittäin harvoissa tapauksissa oikeutuksensa. Aiheellisempaa lienee käytännössä tyytyä esim. kahteen desimaaliin.

Koska yksittäisissä pinoissa määräalan kylkitiheyden variaatiokertoimen vaihteluväli oli pinosta toiseen 5.5—17.5 %, on tämä osoituksena siitä, että on olemassa kylkitiheydeltään tasaisia ja epätasaisia pinoja. Kun yksittäisten pinojen kylkitiheyttä mitataan tilastollisin menetelmin, esim. ottamalla määräalaisia näytteitä pinon kyljestä, tulee tämä seikka ottaa huomioon. Kun kyseessä on kylkitiheydeltään tasainen pino, tarvitaan määräalanäytteitä vähemmän kuin siinä tapauksessa, että kyseessä on kylkitiheydeltään epätasainen pino.

Yhden prosentin yksinkertaiseen keskivirheeseen pyrittäessä on esim. siitä pinosta, jonka kylkitiheyden vaihtelun variaatiokerroin on 5.5 %, otettava 30 määräalaa (= 2 m^2), kun taas siitä pinosta, jonka kylkitiheyden vaihtelua kuvaava variaatiokerroin on 17.5 %, on otettava 306 määräalaa (= 23 m^2).

Koska käytännössä, ainakin tähän saakka, on menetelty siten, että kylkitiheys määritetään mittaamalla valittuja näytepinoja, joiden kylkitiheyksien keskiarvo on sitten hyväksytty tutkitun alueen kylkitiheyden likiarvoksi, on syytä vielä tarkastella, kuinka monta pinoa pitäisi ottaa näytteeseen, jotta saavutettaisiin halutulla tarkkuudella ilmoitettava kylkitiheyden likiarvo.

Voidaksemme käyttää tämän tutkimuksen tuloksia oletamme, että tutkittavat näytepinot otetaan kaikki noin 1 × 1 metrisinä pinoina. Tämä pinokoko vastaa suunnilleen sitä 32:n määräalan suuruista aluetta, jolta tämän tutkimuksen yhteydessäkin on määritetty pinoittainen kylkitiheys ja saatu sen vaihtelua kuvaavan variaatiokeroimen suuruudeksi 4.48 %, kuten tämän luvun alussa mainittiin.

Tämän variaatiokertoimen perusteella voidaan laskea tarvittavien näytepinojen lukumäärä pyrittäessä esim. ± 1 %:n yksinkertaiseen keskivirheeseen, tai pyrittäessä esim. sellaiseen tarkkuuteen, ettei kylkitiheyden likiarvo missään tapauksessa poikkeaisi odotusarvostaan ± 1 %:ia enempää. Laskettaessa havaittiin, että edellisessä tapauksessa on mitattava vähintäin 20 pinoa ja jälkimmäisessä tapauksessa peräti 181 pinoa.

Ensin mainittu pinomäärä edellyttää 20 × (1 + 1) m^2 = 40 m^2:n suuruista tutkittavaa pinta-alaa. Koska edellä sivulla 27 havaittiin, että vastaavalla tarkkuudella mitattuun kylkitiheyden likiarvoon päästään 8.4 m^2:n pinta-alalla, niin näyttää siltä, että pinojen välisen kylkitiheyden vaihtelun vaikutuksen eliminoimiseksi olisi jonkun alueen keskimääräiseen kylkitiheyslukuun pyrittäessä vaivattomampi menetellä siten, että näytteet kerätään umpimähkäisesti tutkittavalta alueelta ottamalla pinojen kyljistä valitun suuruisia määräaloja, joiden tiheyksien keskiarvo on haluttu kylkitiheyden likiarvo tutkitulla alueella.

Teoreettisesti katsoen on tällöin mahdollisuuksia menetellä siten, että määräalojen kylkitiheys määritellään valokuvista, mieluimmin väridioilta.

Tämän jälkeen selvitellään pölkkyjen kylkikuution ja kiintokuution välinen riippuvuus.

Käytännössä nämä työt voidaan suorittaa samanaikaisesti tai kokonaan toisistaan erillisinä tutkimuksina.

Jos meidän on esim. selviteltävä etelä-suomalaisen koivupaperipuun kiintotiheys, voidaan menetellä siten, että pinojen kyljistä umpimähkäisesti valiten ensin valokuvataan väridioille tarpeellinen lukumäärä määräaloja. Näitten määräalojen kylkitiheys lasketaan sitten esim. linja-arviona, jolloin työn helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi voidaan käyttää esim. Ruotsin metsäntutkimuslaitoksessa suunniteltua vuosilustojen mittaamiseen kehitettyä konetta (E k l u n d 1949).

Kuvista mitatun kylkitiheyden kontrolloimiseksi lienee syytä kentällä suoritettavan kuvauksen yhteydessä mitata kontrollijanoja ja verrata sitten näiltä kontrollijanoilta saatuja mitattuja tiheyksiä valokuvista mittaamalla saatuihin vastaaviin tiheyksiin. Näin menetellen saadaan tietää koivupaperipuun kylkitiheys.

Kiintotiheyden määrittämiseksi on sitten erikseen laskettava kylkikuution ja kiintokuution välinen korjaustekijä. Tämän korjaustekijän määrittämiseksi voidaan kuvauksen yhteydessä ottaa kustakin kuvakohteesta koepölkkyjä, joista mitataan kylkikuution ja kiintokuution välinen riippuvuus. Halutusta tarkkuudesta riippuen voidaan tällöin menetellä eri tavoin.

Luonnollisesti on mahdollista selvitellä samojen peruspinojen pölkkyjen kylkikuution ja kiintokuution välinen riippuvuus myös aivan toisen umpimähkäisesti valitun näytemateriaalin perusteella, esim. tehtaille ajetuista pölkyistä, jolloin esim. pölkkyjen ksylometrimittaukset on helpompia järjestää.

Kirjallisuusluettelo

Aro, Paavo. 1958. Pohjois-Suomen 2 m kuusi- ja mäntypaperipuiden pinotiheydestä, kuorimishäviöstä ja kuutiosuhteista. — Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 50.8.

Asetus sisältävä puutavaran mittaussäännön 16. 12. 1938 (395/38). Suomen Asetuskokoelma.

Ahonen, Leo. 1959. Pinotiheydestä ja sen mittaamisesta. — Puutalous n:o 12.

Eklund, Bo. 1949. Skogsforskningsinstitutets årringsmätnings maskiner. — Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 38.5.

Keltikangas, Valter. 1961 a. Pinon tiheyden ja pinon kylkitiheyden mittaamisesta. — Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 4.

—»— 1961 b. Sähkömekaanisesta puikkomittarista m/Keltikangas — Ahonen. — Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 6—7.

Makkonen, Olli. 1961 a. Pinotiheysmittareita käytettäessä huomioon otettavia näkökohtia. — Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 3.

—»— 1961 b. Jatkcpuheenvuoro pinotiheysmittarien käyttöön liittyvistä kysymyksistä. — Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 5.

—»— 1961 c. Loppupuheenvuoro pinotiheysmittarien käyttöön liittyvistä seikoista. — Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 6—7.

Müller, Udo. 1902. Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin.

Nisula, Pentti. 1962. Havaintoja koivun tilavuuspainon määrittämisestä. — Paperi ja Puu n:o 3.

—»— 1963. Pinotiheystutkimuksia. — Pienpuualan toimikunnan tiedotus n:o 97.

—»— 1967. Puun käyttötilavuuspainon määrittäminen veden imeytysmenetelmää käytettäessä. — Käsikirjoitus.

Tiren, Lars. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 24.

ON THE PILE DENSITY AND VOLUME OF BIRCH PULPWOOD

Summary in English

Introduction

The aim of the present paper is to throw light on the problems connected with the volume and pile density relationships in 2.2-m birch pulpwood from south Finland.

The first part of the study mainly discusses the terminology connected with pile density, and only later is the actual object of investigation dealt with.

Material of the study

The material includes 43 truckloads of unbarked 2.2-m birch pulpwood, and was measured in the course of five months in the summer of 1962 at the pulp mill of Oy Tampella Ab in Heinola. Every month ten loads were studied. In the following context this material is termed the principal material. In addition, a material consisting of measurings taken on 489 bolts in the course of one year in 1961—62 was available. These bolts were measured at the middle and, in addition, at a point determined at random by lot, either at one of the bolt ends or at a point located at full decimetres from the ends. This latter material is here called the material of random measurements.

Size and form of the birch pulpwood bolts

The mean diametres at the top end, middle, and butt end of the birch pulpwood bolts are shown in the text table on p. 13.

The graph in Fig. 3, which was drawn on the basis of the material of random measurements, shows the changes in the cross-sectional area of bolts when moving from the top to the butt end. If the bolts were paraboloid-shaped, the curve would take the shape of a straight line, as can be seen from the broken line in the same graph. On the basis of the figure, the conclusion may be drawn that the shape of birch pulpwood bolts differs on an average, to a large degree, from that of a paraboloid.

The unbroken line in Fig. 4 shows the cross-sectional areas of all the bolts of the principal material. In addition, the curves for butt and other bolts are separately indicated. It was observed that the curve for other bolts than butt bolts is very near that of a cone or neiloid, but, that the curve for butt bolts differs, to a considerable degree, from the shape of both paraboloids, cones, and neiloids. This c rcumstance is due to the influence of root swell and root collar on the butt bolts.

Table 1 shows the volumes of bolts cubed in different ways as a percentage of the volumes based on measurement at the middle of the bolts, which were obtained by means of Huber's formula. One can observe, for example, when studying the table, that the volume of bolts other than butt bolts differs only slightly in the different cases. The form of these bolts is probably rather close to that of a cone,

because practically the same result was obtained both by the formula for the cone (7) and Newton's (8) formula.

Onthe other hand, it is interesting to observe that employing the various formulae on the cubing of butt bolts resulted in volumes which to a considerable extent differed from those based on measurement at the middle of bolts. This result indicates that the shape of butt bolts differs quite markedly from that of paraboloids, cones, or neiloids, and consequently, the formula for these mathematical models cannot be used as such for the calculation of the volume of butt bolts.

When exact information on the volume of butt bolts is required, there is reason to employ xylometer measurement. When callipers are employed to obtain maximum accuracy, butt bolts must be measured in small sections, or else the measuring must be done at several points along the bolts at random. In this way the stereometric volume of the bolts is obtained. The stereometric volume is always greater than that obtained by a xylometer because the empty space in the bark of unbarked bolts as well as the depressions in the circumference of the cross section count as wood volume in callipering.

Pile density of birch pulpwood

According to the present study, the pile density of birch pulpwood was 0.653, the dispersion 0.033, and the variation coefficient 5.05 per cent.

The side density — or the ratio of the sum of the crosssectionall areas at the bolt ends to the total area of the pile side — of birch pulpwood was 0.692, the corresponding dispersion 0.031, and the variation coefficient 4.48 per cent. Thus, the side density seems to be about 6 per cent greater than the pile density, or, as can be seen from Table 1, corresponds to the variation between the volume obtained by Smalian's formula and the result from Huber's formula.

PLASTEN SOM KONKURRENS- OCH KOMBINATIONSMATERIAL INOM SKOGSINDUSTRIN I FINLAND

L. RUNEBERG

SUMMARY

PLASTICS AS COMPETITIVE AND CO-OPERATIVE MATERIALS IN THE FINNISH FOREST INDUSTRY

HELSINKI 1967

Helsinki 1967. Valtion painatuskeskus

FÖRORD

Endast ett fåtal skogsmän torde ha observerat vilken lavinartad infiltrering av plast som under detta årtionde förekommit inom skogsprodukternas gebit. Ett i huvudsak nytt förhållande mellan plast och virke har vuxit fram och denna undersökning strävar till en första kartläggning av detta område ur skogsekonomisk synpunkt. Inte minst är det viktigt att fästa uppmärksamheten vid vad som kan väntas hända i en omedelbar framtid. Ursprungligen hade jag tänkt mig en bredare internationell bas för undersökningen, men i brist på resemedel visade sig detta ogenomförbart. Man får hoppas att FAO småningom anser frågan värd ett grundligare studium.

Jag tackar professor L. Heikinheimo vid Skogsforskningsinstitutets ekonomiska avdelning som från början med stort intresse följt arbetets gång. Manuskriptet har ytterligare lästs av ett flertal personer som på olika sätt gett värdefull hjälp. Speciellt ber jag att få nämna professor E. Saari, professor Th. Streyffert och dipl.ing. H. Lühr.

Doktor Ivar Westman har omsorgsfullt språkgranskat avhandlingen för vilket jag frambär ett varmt tack.

Inte minst ber jag att få tacka alla de personer, med doktor Jorma Pohjanpalo från Finska Plastföreningen (Muoviyhdistys r.y.) i spetsen, som jag under materialinsamligen i olika sammanhang besvärat.

Helsingfors september 1967

L. Runeberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid.

1. Inledning 7
   11. Undersökningens ändamål och begränsning 7
   12. Materialets insamling, jämförelsegrund och terminologi 11
2. Allmänt om plast och Finlands plastindustri 17
   21. Plastteknologi och uppdelningsgrunder 17
   22. Den finska plastindustrin och analys av råmaterialsimporten 21
3. Orienterande översikt av virkesbunden plast och härmed arbetande företag 29
   31. Ifrågakommande plastslag och deras egenskaper 29
   32. Utvecklingen inom pappers- och kartongindustrin 33
      321. Samarbetande och konkurrerande användningsområden och produkter 33
      322. Kartläggning av producerande företag 42
   33. Utvecklingen inom byggnads- och snickeriindustrin 44
      331. Byggplastens ändamålsenlighet och infiltreringsnivå 44
      332. Samarbetande och konkurrerande användningsområden och produkter 47
      333. Kartläggning av producerande företag 51
   34. Plastlim 54
   35. Övriga områden (transport- och lagerbackar, båtar m.m.) 56
4. Utvecklingen av den virkesbundna plastindustrin i Finland åren 1960—67 60
   41. Totalåtgången av virkesbunden plast 60
      411. Förpackningsområdet 60
      412. Byggnads- och snickeriområdet 63
      413. Sekundära områden och analys enligt råvaruslag 66
5. Framtidsperspektiv 70
   51. Förbättring av plastråmaterialen och nya produkter 70
      511. Sammanbindning med cellulosafiber och molekylära framsteg 70
      512. Plastvirke 72
   52. Prognoser och utvecklingstendenser för den framtida plaståtgången i världen 78
   53. Prognostillämpning på finska förhållanden 88
   54. Strukturella och kvantitativa förändringar i skogsindustrin, virkesbehovet och utrikeshandeln 102
6. Möjligheterna för en inhemsk plastråvaruframställning 108
   61. Produktionen i grannländerna och europeiska perspektiv 108
   62. Allmänna synpunkter på en produktion i Finland 112
7. Sammandrag och konklusioner 118

Litteraturförteckning 123

Summary in English 129

1. INLEDNING

11. Undersökningens ändamål och begränsning

Framställning av plastråvara har under en följd av år vuxit snabbare än någon annan industrigren i världen. Tillväxten har i medeltal varit 16 % årligen och ingenting tyder på en avmattning under överskådlig framtid. Totalproduktionen av plast överskred år 1966 16 milj. ton. Detta utgör endast 3—4 % av stålproduktionen (450 milj. ton, jfr Talouselämä 1967 s. 902) men utvecklingstakten accelererar, och redan nu förutspår prognoserna, att plastproduktionen viktmässigt inom femton år passerar pappersframställningen i världen. Det är självfallet, att då dylika mängder plastprodukter inom en förhållandevis kort tid tränger in på världsmarknaden, kommer tidigare använda material att trängas undan. Nämnas kan metall, läder, textil och glas. Också skogsprodukterna har från början befunnit sig i farozon.

Ett annat för vår tid typiskt fenomen är, att vi går in i kombinationsmaterialens tidevarv. Redan i produktionsskedet försöker vi förena olika ämnen för att i slutprodukten få samlat alla de bästa egenskaperna i respektive material. Detta har redan skapat de plastbelagda kartongerna och skivorna, och plastimpregnerat trävirke är på kommande, för att nämna några exempel. Allteftersom forskningen går framåt beträffande olika ämnens atom- och molekylstruktur, kan vi räkna med ytterligare vinningar inom dessa områden. En framtida kombination av träfiber och plastmolekyler redan i början av produktionsprocessen är säkerligen ingen utopi (jfr H e c h t 1967 s. 33). Likaså kan vi räkna med helt nya produkter baserade på dylika kombinationspreparat.

Utvecklingen går för skogsprodukternas del längs två huvudlinjer:

1. Plasten undanträngер helt virket som råmaterial vid en produktframställning (virkeskonkurrerande plast).
2. Plast och virke ingår en stadig symbios (virkessamarbetande plast).

Sammanfattningsvis kommer om dessa båda grupper att nyttjas termen virkesbunden plast.

I en tredje grupp kan ytterligare sammanföras all den plast, som skogsskötseln och skogsindustrierna på ett eller annat sätt använder som hjälp-

material. Nämnas kan t.ex. plastväxthus för plantuppdragning, plaströr i fabrikerna o.d. I dessa fall står dock plast och virke mera sällan i konkurrens- eller symbiosförhållande. Denna grupp inverkar alltså närmast på totalåtgången av plast, men behöver inte ställas i relation till virkesbehovet. Plast har också börjat användas på nya områden, där virke i och för sig skulle ha varit lämpligt om inte plasten funnits. Där har med andra ord virket aldrig fått en chans att etablera sig.

Hur långt man kan vänta sig, att plasten kommer att undanträngа virke, respektive integrera med virke, är en fråga av stor betydelse inte minst för alla trävaruexporterande länder i världen. Konkurrensförhållandet är inte enkelt att framlägga i siffror då i många fall ingen sjunkande konsumtion kan påvisas för någondera grupperna. Dessutom grumlas bilden ytterligare av inverkan från andra material. Överhuvudtaget torde ett så invecklat förhållande som det vilket har vuxit fram mellan plast och virke knappast existera inom andra områden. Huruvida de konkurrerande eller samarbetande aspekten kommer att överväga i framtiden avgör på många sätt plast- och skogsindustrins hela inställning till varandra. Om kombinationsprodukterna ser ut att vinna, kan tydligen en långtgående integration mellan dessa industrier rekommenderas. Förvånansvärt nog förefaller situationen att vara föga kartlagd, t.ex. FAO har i sina undersökningar knappast berört detta område (L e w i n 1959). En del brett upplagda marknadsöversikter om plastens framtid har utförts (jfr Pv 1965 s. 1015, Pv 1966 nr 6 s. 15 och European Chemical News 1967 juni), men ingen av dessa har på ett centralt sätt berört förhållandet plast och skogsprodukter. I fråga om plastens direkta konkurrens med andra material har några undersökningar publicerats beträffande plast och stål (L e f è v r e ... 1964, S e n 1964, G u l l s t r ö m 1966).

Den explosionsartade utvecklingen, som försiggår inom den virkesbundna plasten, kommer säkerligen att inverka betydligt på skogsindustrins struktur och på virkesbehovet. Varje förändring i denna sektor av Finlands näringsliv är som vi vet av vikt numera, då vidare utbyggnadsmöjligheter i första hand beror på virkesbalansen. Prognoserna för de närmaste 10 åren förutspår för Finlands del en avmattning i tillväxthastigheten för produktionen av de gamla stapelartiklarna sågvaror och cellulosa (jfr Tekniskt Forum 1966 s. 555). För att kunna kompensera denna nedgång måste exporten av skiv- och pappersprodukter öka utöver den normala tillväxttakten. I själva verket borde skiv- och pappersindustrin fördubbla sin export fram till år 1976 för att kompensera såg- och cellulosaindustrins väntade retardering. Först vid denna tidpunkt kan man förutsätta att metall- och annan nyexport vuxit tillräckligt för att kunna på allvar hjälpa upp handelsbalansen (jfr M i c k w i t z 1966 s. 425).

Vid sidan av exportens framtida kvantitativa utveckling är varje möjlighet att höja förädlingsgraden på våra skogsprodukter av speciellt värde

och ger direkt utslag i handelsbalansen. Tydligt är, att den kemiska industrins olika kombinationsmöjligheter med skogsindustrin omspänner de intressantaste möjligheterna.

På ett stort antal områden har, eller håller, plasten på att konkurrera ut virket. I många fall är dock den ursprungliga virkesåtgången förhållandevis obetydlig. Som exempel kan nämnas produkter som träkärl, leksaker, verktygsskaft, klädhängare osv. Alla dessa sekundära områden är av mindre vikt för denna undersökning och kommer inte att närmare granskas.

Något större betydelse har den virkesbundna plasten inom följande två produktionsgrenar:

1. Transport- och lagerlådor
2. Båtbyggnadsindustrin

Inom dessa områden förekommer i huvudsak endast konkurrens mellan plast och virke. Det förefaller dessutom tydligt, att plasten här snabbt undanträngер virket. Då materialförbrukningen är förhållandevis liten, synes någon detaljerad analys av dessa grenar inte vara påkallad.

De viktigaste förändringarna sker i följande branscher:

1. Pappers- och kartongindustrin
   (förpackningsprodukter, plastpapperstyger)
2. Byggnads- och snickeriindustrin
   (skivor, profiler, möbler)

Förpackningsområdet har en mycket stark expansion att vänta både med tanke på att jordens befolkning årligen ökar med över 50 milj. och att en höjning av levnadsstandarden automatiskt medför större behov av förpackningsmaterial. Inom detta område bedrivs dessutom en synnerligen livlig forskningsverksamhet, som redan medfört, att plasten i många former medverkat till uppkomsten av nya produkter. Här förekommer såväl virkeskonkurrerande som samarbetande plastkvantiteter, ofta i invecklade mönster. Som exempel kan nämnas plastsäckar, som direkt konkurrerar med kraftpapperstillverkningen, medan å andra sidan de plastbelagda papperen skapat ökad avsättning för förpackningsmaterial.

Överhuvudtaget måste hela pappers- och kartongindustrin tydligen vara beredd på en revolution, där den traditionella pappersframställningen kommer att träda i bakgrunden. Olika kombinationspreparat tar över i stor utsträckning. Inte minst plastpapperstygen, som kan produceras med hastigheter mångdubbelt snabbare än genom vävning, öppnar nya områden för användning. Inte ens tryckpapperet är säkert för denna utveckling. I experimentsyfte har hela tidskrifter och böcker redan tryckts på plastfolie.

Också inom byggnads- och snickeriindustrin håller de virkesbundna plastprodukterna på att erövra en allt viktigare position. Trävirkets andel i byggnadsindustrin har som känt visat en nedåtgående tendens redan under flera

decennier. Om man beaktar hela mängden byggnadsmaterial, uppgår plasten viktmässigt tillsvidare till endast ett par procent, men också detta betyder väldiga totalkvantiteter. En ökning till t.ex. 5 %, som förutspås ha nåtts i USA år 1970, medför en ökning av plaståtgången med miljoner ton (jfr Pv 1965 s. 1129).

Såväl konkurrerande som samarbetande plastprodukter tränger in på denna marknad. T.ex. i fråga om byggnadsskivor finns numera ett otal olika produkter. Det finns rena plastskivor, olika ytbehandlade faner- och fiberskivor eller plast- och papperslaminatskivor. För att inte tala om alla s.k. sandwichelement med cellplastkärnor. Dessa plastkombinat inverkar på utvecklingen inom hela skivindustrin. Ren virkeskonkurrens representerar t.ex. plastprofilerna, som ersätter tidigare använd sågvara. I byggnadsbranschen vinner dessutom ett flertal plastprodukter insteg, som inte direkt står i förhållande till virkesåtgången. Nämnas kan material för elektrisk installation, plaströr, plastbetong m.m. Allt detta bidrar till den allmänna tendensen, att plaståtgången stiger medan virkesbehovet minskar.

Inom snickeriindustrin är motsvarande utveckling märkbar. Hela stolar sprutpressas av plast i ett stycke, lådorna till skrivbord och andra möbler görs i plast, och som stoppning har skumplasten trängt undan alla andra material.

Ytterligare ett område av intresse är åtgången av plastlim. Användningen av denna produkt sammanhänger intimt med faner- och spånskiveproduktionen och berör sålunda direkt skogsindustrin. Plastlimmen bildar dock ett eget område som endast ytligt kommer att granskas inom ramen för denna undersökning. Man kan knappast anse limmen vara virkesbundna i samma bemärkelse som övriga här berörda plastprodukter. Limmen är snarare att betrakta som fabrikationsmaterial, som ingår i slutprodukten så att säga utan någon egen dimension. Inte heller uppstår i detta fall något nytt konkurrerande eller samarbetande förhållande med skogsprodukter, då olika limämnen också tidigare använts för skivproduktion. En överraskande behovsökning kan inte heller väntas uppstå.

En utredning av alla hithörande frågor fordrar tydligen en grundkartläggning av vilka företag som framställer konkurrerande eller integrerande produkter. Är det plastindustrin eller träförädlingsindustrin, som bygger ut den nya industrigren, som växer upp kring kombinationsprodukterna? Eller uppstår helt självständiga företag?

Sammanlänkad med utvecklingen inom denna sektor står frågan om grundandet av en inhemsk plastråvaruindustri. Som känt bygger plastframställningen i världen till närmare 90 % på produkter, som erhålles vid krackning av råolja eller jordgas. Teoretiskt är det emellertid också i många fall möjligt att utgå från cellulosakokeriernas biprodukter. Då vi i Finland har såväl oljeraffinaderier som en välutbyggd cellulosaindustri, synes förutsätt-

ningarna de bästa. Avgörande blir frågan, om det finns, eller inom en snar framtid kommer att finnas, en tillräckligt stor inhemsk förbrukning av plast för att möjliggöra en produktion. Modern industri fordrar i många fall en förhållandevis stor enhet för att framställningen skall vara lönsam. Tydligt är, att frågan om huru långt plasten kommer att tränga in bland skogsprodukterna kan inverka på ett avgörande sätt. Inom detta område förekommer så stora produktionssiffror, att basen för en inhemsk råvarutillverkning snabbt kan få en alldeles annan grund än tidigare.

Som av rubriken framgår, omfattar undersökningen finska förhållanden, men områdets begränsning nationellt stöter på stora svårigheter. Virkesbunden plast i olika utvecklingsstadier förekommer i alla industrialiserade länder över hela världen. I många fall kan utvecklingen i längre hunna länder behövas som bakgrund för bedömningen av den finska marknaden. I orienterande avsikt bygger därför undersökningen i betydande utsträckning på internationell bas, men insamlandet av egentligt primärmaterial har begränsats till Finland.

Sammanfattningsvis är undersökningens ändamål:

1. Grundkartläggning av den virkesbundna plastindustrin i Finland.
2. Utredning av hur långt konkurrensen respektive samarbetet har framskridit och vilken inverkan på råvirkesbehovet och skogsindustrins struktur den får.
3. Möjligheterna för att bygga ut en inhemsk plasträvaruindustri på basen av framlagd analys och prognosberäkningar.

12. Materialets insamling, jämförelsegrund och terminologi

På grund av plastindustrins exeptionellt snabba frammarsch är det ingen idé att utsträcka materialinsamlingen att omfatta långa tidsperioder bakåt. I själva verket existerade knappast begreppet virkesbundna plastkvantiteter för ett tiotal år sedan. Då dessutom en någorlunda ordentlig definiering och uppdelning av begreppen inom plastbranschen först genomfördes i samband med Bryssel-nomenklaturens tillkomst år 1959, förefaller det ändamålsenligt att koncentrera analysen till att omfatta 1960-talet.

Någon nämnvärd hjälp av den officiella statistiken på området står för plastens del inte att få. Visserligen upptar den finska industristatistiken uppgifter om förbrukade råämnen inom respektive industrier, men ingen uppdelning av råvarukvantiteterna på producerade varor finns. Dessutom anger statistiken ofta olika enheter som t.ex. ton, m^2, m^3, stycketal eller ibland bara värdet, vilket allt försvårar eller omöjliggör jämförelser. Också beträffande de uppgifter, som kan insamlas genom tullstatistiken, råder tyvärr fortfarande stor osäkerhet. Som ex. kan nämnas, att polyeten importen

(grupp 3902—100) enligt tullstatistiken år 1966 uppgick till 21 750 ton. På andra bedömningsgrunder kan fastslås, att importen måste ha varit betydligt större. Förklaringen synes vara, att polyeten som importeras under ett flertal handelsnamn vid förtullningen förts till andra plastgrupper. I synnerhet gruppen 3902—500 »Andra obearbetade plaster, hänförliga till pos. 3902» förefaller att omfatta huvudsakligast polyeten. Importen i denna grupp var år 1966 5 934 ton.

Likaså försvåras materialinsamlingen från officiell statistik av att plast förekommer dels som råmaterial, dels som halvfabrikat i form av folier, skivor o.d., dels som färdiga konsumtionsartiklar. Den enda framkombara utvägen föreföll att vara direktinsamling av uppgifter från respektive företag. Den finska plastindustrin omfattar emellertid 3—400 företag, varför detta förfarande verkade att vara synnerligen arbetsdrygt. Dessutom måste man beakta, att på grund av plastindustrins ungdom en djupt rotad ovilja att ge ut uppgifter finns, det mesta betraktas som affärshemligheter. Lyckligtvis är endast c. 10 % av samtliga fabriker av betydande storleksklass. I själva verket anses 12 företag svara för 80 % av råvaruförbrukningen (BP 1966 april s. 193). Materialinsamlingen kunde alltså drastiskt begränsas utan att resultatet blev nämnvärt lidande. Ett frågeformulär utarbetades, som sändes till 48 firmor. I detta anhölls om uppgifter beträffande företagets totala användning av plastråvaror fördelat på de viktigaste grupperna. Uppgifterna ombads för hela 1960-talet inkluderande en förhandsvärdering för 1967. Dessutom specificerades följande användningsområden:

Folier
Skivor och mattor
Profiler
Lådor
Båtar
Andra områden, där plast och virke konkurrerar eller samarbetar

Efter diverse påtryckningar erhölls 45 svar. Genom Finska Plastindustriförbundet (15 medlemmar) och Finska Plastföreningen (78 producerande medlemmar) anskaffades dessutom kompletterande uppgifter. Materialinsamlingen har också åtföljts av talrika intervjuer.

Inom skogsindustrierna sysslar tillsvidare endast ett begränsat antal företag med virkesbundna plastprodukter. På pappers- och katongområdet beredde materialinsamlingen inga större svårigheter. I fråga om skivprodukter är situationen på fanerområdet rätt invecklad, då det vuxit fram ett brokigt urval olika ytbehandlade produkter. En detaljgranskning av dessa visade sig vara en praktisk omöjlighet, då plaståtgången för ytbehandling och för limämnen ofta inte kunde åtskiljas. Den del, som inte täckes av materialinsamlingen, har värderats på basen av uppgifter från Finska Fanerföreningen beträffande exporten av ytbehandlade fanerprodukter.

För att kunna analysera och bedöma den framtida utvecklingstrenden var det nödvändigt att överblicka förhållandena i ett flertal länder med högt utvecklad plastindustri. Detta har i huvudsak skett genom litteraturstudier.

Då man strävar att jämföra plast och virke, ställs man inför frågan huruvida en viktjämförelse ger rätt resultat, eller om den volym som ersättes borde utgöra grunden. Det är klart, att vid en avvägning av t.ex. plast kontra stål måste volymen på något sätt beaktas, då stålets täthet (densitet) rör sig mellan 7.8—9 g/cm³, medan plastens i huvudsak ligger mellan 0.8—1.5 g/cm³. I fråga om virke är ställningen betydligt mer komplicerad. Den specifika vikten, d.v.s. cellväggarnas viktförhållande jämfört med samma volym vatten, växlar från 1.46 till 1.56 vid absolut torr vikt beroende på trädslag. Av praktiskt intresse är emellertid endast densiteten, alltså den verkliga volymvikten av virket med cellhåligheter och allt. Denna växlar mellan 0.13 för balsaved till 1.23 för vitae. För våra vanligaste trädslag kan följande medelvärden anges vid absolut torr vikt (Tapion Taskukirja 1965 s. 378):

Gran	0.44 g/cm³
Tall	0.49 »
Björk	0.61 »

I praktiken innehåller virket emellertid stora mängder vatten, också i förhållandevis torrt tillstånd utgör andelen c. 20 %. Ytterligare varierar densiteten beroende på växthastigheten, klimat, förhållande mellan sommar- och vårved m.m. T.ex. tallens sommarved väger 0.81—0.90 g/cm³, medan vårveden endast väger 0.34—0.36 g/cm³. Många faktorer försvårar således avvägningen av en medeldensitet.

Om man vill göra jämförelser med papper eller kartong växlar papperets densitet från 0.5 till 1.0, medan kartongen håller sig kring 0.4—0.5 i lufttorrt tillstånd (7—8 % fuktighet). För skivprodukterna är motsvarande värden följande:

Faner	0.70 g/cm³
Fiberskivor hårda	0.85—1.05 »
» porösa	0.22—0.30 »
Spånskivor	0.66—0.68 »

De porösa fiberskivorna används sällan som grundmaterial för ytbeläggning.

För plastens del förekommer också stora variationer beroende på plastslag. För de tre vanligaste sorterna kan följande ungefärliga densiteter anges (Perstorpsboken 1966 s. 486, 487):

Polyeten	0.9 g/cm³
Polyvinylklorid	1.4 »
Polystyren	1.1 »

Vattenabsorptionen kan lämnas obeaktad, då den i regel är obetydlig. Med beaktande av finska konsumtionsförhållanden kommer kanske en medeldensitet på 1.1 sanningen närmast.

Om man på virkessidan räknar med en fuktighetsgrad på 20 % och avväger trädslagens konsumtionsförhållanden, erhålles densiteten 0.56. Volymmässigt motsvarar alltså 1 kg plast av medeldensitet c. ½ kg virke. Om man jämför med skivprodukter eller tyngre pappersslag är skillnaden något mindre. En volymjämförelse ger i alla händelser ett mindre värde för plastandelen än en direkt viktjämförelse.

Huruvida en volymuppskattning är av praktiskt värde är tvivelaktigt. Följande resonemang leder nämligen till rakt motsatta konklusioner. Då plast direkt ersätter virke, sker detta alltid i mycket tunnare sektioner än tidigare använt trä. Vid produkttillverkning, där man övergår till plast, är den nya produktens vikt högst halva tidigare virkesvikt. Ofta betydligt mindre. I själva verket ersätter alltså plasten minst lika mycket virke, troligen mera. Att utreda denna fråga är mer eller mindre omöjligt, inte minst med tanke på alla symbiosförhållanden. Huru mycket virke ersätter en plastbeläggning på en skiva? Vi kommer därför i huvudsak att nöja oss med att jämföra plastens och virkets förhållande på viktbasis. Ett viktigt undantag existerar, nämligen cellplasten, vars densitet varierar mellan 0.015—0.030 g/cm³. Dessa värden skiljer sig så enormt från samtliga övriga, att ett speciellt ställningstagande tydligen är nödvändigt. Ett kg cellplast ersätter volymmässigt 20—30 kg virke. Cellplastens huvudanvändning som isoleringsmaterial i byggnadskonstruktioner är inte direkt möjligt att avväga mot virkesåtgång. Med beaktande av cellplastens övriga styrkevärden är det dock troligt, att man i detta fall kan räkna med att en mindre virkesmängd skulle ha åtgått. Dock kvarstår ett så uppenbart volymmissförhållande, att cellplastens viktvärden borde multipliceras med minst faktorn 10 för att ge en bild av den verkliga utvecklingen mellan plast och virke på detta område.

Terminologin på plastområdet är numera rätt väl utredd tack vare standardiseringssamarbetet. På svenska har Tekniska Nomenklaturcentralen i Sverige år 1958 utgett en ordlista över plasttermer och deras betydelse och dessa rekommendationer kommer i huvudsak att följas. Då de olika plastslagen ofta har långa och invecklade kemiska namn, kommer i stor utsträckning de officiella förkortningar att användas som fastställts genom samarbetet på internationell nivå (ISO/TC61—Plastics 1965). Detta medför å andra sidan, att texten blir svårare läsbar för i plastterminologin mindre hemmastadda personer. För att i görligaste mån avhjälpa detta följer här nedan ett sammandrag av använda förkortningar:

ABS	acrylnitrilbutadienstyren
AP	armerad plast
CA	cellulosaacetat
CS	kasein
EP	epoxi
MF	melamin
PA	polyamid
PE	polyeten LD lågtrycks HD högtrycks
PF	fenol
PMMA	polymetylmetacrylat
PP	polypropen
PS	polystyren
PUR	polyuretan
PVAC	polyvinylacetat
PVAL	polyvinylalkohol
PVC	polyvinylklorid
PVCA	polyvinylkloridacetat
PVDC	polyvinylidenklorid
PVF	polyvinylflorid
SI	silikon
UF	karbamid
UP	omättad polyester

Skillnaden mellan film och folie definieras i Plastteknisk Ordlista (1958 s. 16) på följande sätt:

> Film = tunn, böjlig formvara av plast med tjocklek mindre än 0.5 mm.
> Folie = tunn, i regel böjlig formvara av plast med tjocklek 0.5—2 mm.

Då emellertid dimensionsgränserna är svävande och termerna ibland användes liktydigt, tillämpas i denna undersökning benämningen folie så länge materialets tjocklek inte närmare preciseras. Endast om tunnheten är speciellt framträdande, har i vissa fall filmbenämningen tillgripits.

Ytterligare kan framhållas, att skumplast definieras som »cellplast framställd genom skumbildning och efterföljande stelning» (Plastteknisk Ordlista 1958 s. 59). Med andra ord är skumplast en underavdelning i cellplastgruppen.

Skillnaden mellan harts och plast framgår inte klart av definitionerna och termerna användes tydligen fortfarande delvis sammanblandade. Hartserna utgör flytande, sirapsliknande eller fasta polymerer som är utgångsmaterial för framställning av olika plaster. T.ex. fenoplasterna består av fenolharts med eller utan tillsatsämnen (jfr Ånby 1966 a s. 123). Om inga tillsatsämnen kommit till användning är skillnaden endast fysikalisk. Hartsbenämningen användes tidigare i stor utsträckning för att täcka plastbegreppet.

Definitionen på laminat är följande (Mv 1964 s. 8): »Laminaatit ovat levyjä, jotka on valmistettu muoviliuoksella kyllästettyjä tai siveltyjä pape-

reita, tekstiilejä tai puuviiluja tms. kuumina yhteen puristamalla.» Enligt Plastteknisk Ordlista (1958 s. 61) bör plastlaminat till minst 25 % av sin vikt innehålla plast. I denna undersökning har dock uppdelningen i »laminatskivor» genomförts utan att någon minimigräns för plastandelen beaktats. Under benämningen »plastskivor» har sammanförts alla skivor uppbyggda i huvudsak på plastbas eller kombinerade med andra material än virke.

Plastvirke har i engelsk och svensk facktext förkortats WPC (Wood Plastic Composite) respektive TPK (Träplastkombination). Det förefaller dock onödligt att i detta sammanhang tillgripa invecklade ord eller förkortningar, då termen plastvirke svårligen kan missförstås (jfr den finska termen »muovipuu»).

En uppdelning i plastmaterial- och plastvaruindustri synes ändamålsenlig. Plastmaterialindustrin omfattar fabriker, som framställer eller kemiskt vidareförädlar plastråmaterial. Termen plastindustri anger alltså hela området.

Som i inledningen redan framgått, anger termen virkesbunden plast såväl virkeskonkurrerande som virkessamarbetande plast.

De siffror, som framlägges för år 1967, bygger i regel på förhandsvärderingar utförda på basen av officiella halvårsrapporter.

2. ALLMÄNT OM PLAST OCH FINLANDS PLASTINDUSTRI

21. Plastteknologi och uppdelningsgrunder

Det andra världskriget medförde plasternas stora genombrott. Krigsindustrierna, som i många fall var avstängda från viktiga råvarukällor, tvingades söka ersättningsmaterial. Det visade sig snabbt, att plasterna hade en mängd goda egenskaper, som möjliggjorde nya användningsområden. Framför allt kan framhållas den lätthet, med vilken plastråmaterialen kan bearbetas till färdiga produkter.

Numera framställes så många olika syntetiska produkter, att man med skäl kan fråga sig, vilka av dessa som bör anses utgöra plast. Svenska Plastföreningen i Sverige ger följande definition: »Plast är ett material, som består av, eller som karakteristisk beståndsdel innehåller makromolekylära organiska föreningar och som under något bearbetningsstadium är plastiskt formbart till en slutprodukt som i regel är fast» (E r i k s s o n 1966 s. 9). Denna definition ansluter sig till den amerikanska, som the American Society for Testing Materials utarbetat. (Jfr också B r y d s o n 1966 s. 7 »Plastics materials are processable compositions based on macromolecules.» vilket dock stämmer för alla syntetiska material.) Med andra ord bör plasten alltid innehålla grundämnet kol i stormolekylföreningar. Man räknar med att molekylvikten bör överstiga 5 000. Fordringen på plastisk formbarhet kan utnyttjas genom ett flertal mekaniska metoder. Ovanstående plastdefiniering innesluter också naturplasterna som asfalt, guttaperka, naturvaxer och bernsten, vilka dock lämnas obeaktade i denna undersökning.

Plastkemin har under senaste tid gjort så stora landvinningar, att det finns över 20 basplaster, som sönderfaller i ett 100-tal olika plasttyper. Skillnaden mellan typernas kemiska och fysikaliska egenskaper är ofta betydande. Tidigare indelades plasterna enkelt i termoplaster och härd-eller duroplaster. Den förra gruppen omvandlas inte kemiskt vid formningen, medan de senare genom en härdningsreaktion förändras till sin natur, så att de blir hårda och oelastiska. Numera har denna indelning ringa anknytning till polymerkemin, då praktiskt taget alla plaster kan ges termo- eller härdplastkaraktär genom modifiering av framställningsprocessen. En vanlig indelning ur kemisk framställningssynpunkt är däremot följande:

1. Polykondensationsplaster
2. Polymerisationsplaster
3. Högmolekylära naturprodukter och derivat därav.

Perstorpsboken (1966 s. 19) föredrar uppdelningen polyaddition och polykondensation. Med beaktande av den senaste utvecklingen föreslår emellertid P o h j a n p a l o (1966 s. 56) att plasterna lämpligast kunde uppdelas i följande 6 huvudgrupper:

1. Naturproduktplaster
2. Polymerisationsplaster
3. Polykondesationsplaster
4. Polyadditionsplaster
5. Polyesterplaster
6. Silikoner

Av de i naturen förekommande n a t u r p l a s t e r n a framställes en del halvsyntetiska produkter av olika cellulosaderivat. Här står alltså naturen till tjänst med grundmolekylerna, som sedan på kemisk väg vidareförädlas. Bland denna grupps viktigaste produkter kan nämnas följande:

Cellulosa-acetat (CA)
Cellulosa-propionat
Cellulosaester
Etylcellulosa
Cellulosanitrat
Kasein (CS)
Regenererad cellulosa (cellofan)

Vid framställningen av p o l y m e r i s a t i o n s p l a s t e r utgår man från enkla molekyler (monomer), som med hjälp av lämplig katalysator bildar kedjemolekyler (polymer). Initieringen kan också ske med joner, s.k. jonpolymerisation. Vid denna process uppstår inga biprodukter. Man kan också utgå från olika monomer, varvid som slutprodukt erhålles skilda blandpolymerat. Genom polymerisation får man produkter med mycket hög molekylvikt, vars egenskaper är alldeles andra än de monomer, som använts vid framställningen. Produkterna i denna grupp kan formas genom uppvärming upprepade gånger utan nämnvärd försämring av egenskaperna (s.k. termoplaster). Å andra sidan är många av dessa produkter förhållandevis temperaturkänsliga. I denna grupp återfinns de flesta av de plaster, som tillsvidare trängt in på virkesområdet.

Nämnas kan följande:

Polyeten (PE)
Polystyren (PS)
Polyvinylklorid (PVC)
Polyvinylidenklorid (PVDC)
Polyamid (PA)
Polymetylmetakrylat (PMMA)
Polyuretan (PUR)
Polypropen (PP)

Polyeten, polyvinylklorid och polystyren är de viktigaste plastgrupperna. I texten kommer framledes enbart att användas dessa ämnens officiella förkortningar PE, PVC och PS. Dessa gruppers andel utgör över 3/4 av totalproduktionen i världen. PE, som är den kanska viktigaste plasten, framställes på många sätt under varierande tryckförhållanden och med olika katalysatorer. Man skiljer numera mellan 3 olika

grader; lågtrycks-, medium- och högtrycks- PE med tätheten varierande mellan respektive 0.910—0.925, 0.926—0.940 och 0.941—0.965 g/cm³. Högre densitet betyder framför allt högre mjukningspunkt, större draghållfasthet och bättre kemisk resistens.

PVC konkurrerar med PE om platsen som mest betydande grupp. Kemiskt skiljer den sig på så sätt, att PVC har polära kloratomer, vilket PE saknar. PVC-plasten har en enorm draghållfasthet, som dock är beroende av hur mycket mjukningsmedel, som tillsättes. Tätheten är c. 1.4 g/cm³. Man skiljer mellan hård PVC, mjuk PVC och plastisoler.

PS framställes av styren och har en densitet på c. 1.05. Genom tillsats av gummiartade ämnen erhålles en slagfast kvalitet med betydligt förbättrade egenskaper. PS är ett av de billigaste materialen och har ett stort användningsområde. Förutom dessa tre stora är det skäl att nämna polypropen (densitet 0.90), som framställes av propan och har stor likhet med lågtryckspolyeten. PP är dock som regel hårdare och värmebeständigare men tål inte lika väl köld. PP anses vara den plast, som står närmast virke ifråga om styrka och bearbetningsegenskaper. Ytterligare kan nämnas polyvinylidenklorid, som framställes av vinylidenklorid och polyamid eller populärt nylon. De har alla trängt in på den virkesbundna plastsidan.

I polykondensationsgruppen bildas plasten också helt syntetiskt av mindre molekyler, som reagerar med varandra så att olika kedjemolekyler skapas. Härvid uppstår en biprodukt, vanligen vatten. Plasten har alltså bildats genom kondensering. Reaktionen kan avbrytas genom nedkylning vid lämpligt stadium, då polykondensatet har termoplastisk formbarhet. Polykondensationen kan senare fullföljas genom påverkan av värme eller katalysatorer, varvid en stukturell utbyggnad försiggår i form av tvärbindningar mellan kedjemolekylerna. Det är detta slutskede, som kallas härdning och omöjliggör förnyad användning av produkten. Enligt denna metod framställes t.ex. följande plaster:

Fenoplast (PF)
Karbamid- eller Ureaformaldehydplast (UF)
Melaminplast (MF)

De två sistnämnda grupperna går under gemensamt namn av aminoplaster. Genom att vid kondenseringen av fenolharts till utgångsmaterialen fenol och formaldehyd tillsätta olika syror eller baser erhåller man en rad skilda produkter. De plaster, som hör till polykondensationsgruppen, där alltså molekylerna är ordnade i nätverk, visar hög värmebeständighet (100—200°C).

Polyadditionsplasterna uppstår sålunda, att två skilda ämneskomponenter reagerar med varandra utan att några biprodukter uppstår. Additionsreaktionen har tre karaktäristiska stadier: initiering, propagering och terminering. En betydligt viktigare grupp bildar polyesterplasterna. Dessa är egentligen kondensationsplaster men har en kedjebyggnad av polymerisationstyp och skilda andra egenskaper. Nämnas kan:

Epoxi-plast (EP)
Omättad Esterplast (UP)

Silikonerna (SI) bildar så till vida en ovanlig grupp, att deras byggnadsbas utgöres av en oorganisk kiselsyrekedja, som först genom tillbyggnad får organiska sidokedjor. Denna grupp är närmast intressant på grund av sin synnerligen höga värmebeständighet.

Förutom dessa »renlärige» plasttyper finns på marknaden olika modifierade plaster då två eller flere polymer har blandats för att uppnå vissa bestämda egenskaper. Nämnas kan t.ex. vinylstyrenbutadien- och acrylnitrilstyrenpolymerblandningar.

Till baspolymererna tillsättes ofta olika hjälpmedel så som mjukningsmedel, fyllmedel, lösningsmedel, färger o.d. som dock inte reagerar kemiskt med huvudprodukten. På detta sätt ger man det slutliga materialet (s.k. färdigplast) önskade mekaniska och andra egenskaper. Som mjukningsmedel användes olika estrar, fosfater och kamfer. I vissa fall kan upplandningen sträckas ända till 50 %. Mjukningsmedlen ökar plastens slaghållfasthet och plasticitet, men minskar i stället vissa andra egenskaper som t.ex. recistens mot kemikalier. En billigare slutprodukt uppnås dessutom i vissa fall som t.ex. då trämjöl tillsättes. Andra vanliga fyllmedel är papper, textil, glas- och asbestfiber m.m.

Om man vill göra en indelning av plasterna enligt fysikaliska egenskaper skiljer man mellan följande tre typer:

1. Härd- eller duroplaster (relativt värmebeständiga, molekylerna ordnade i nätverk).
2. Termoplaster (temperaturkänsliga, kedjeformade molekyler).
3. Elaster (låg elasticitetsmodul d.v.s. böjligt och mjukt material).

Allmänt kan man säga, att produktionen går från härd- mot termoplaster. T.ex. i USA har härdplasternas andel mellan 1960—64 sjunkit från 35 till 29 %, i Sverige från 59—47 %. Slutligen kan framhållas, att Brysselnomenklaturen delar plasterna i följande huvudgrupper (Suomen Tullitariffi 1965 s. 128):

3901 Kondensations-, polykondensations- och polyadditionsprodukter, även modifierade eller polymeriserade, linjära produkter härunder inbegripna. . .
3902 Polymerisations- och sampolymerisationsprodukter. . .
3903 Cellulosaregenerat, cellulosanitrat, cellulosa-acetat och andra cellulosaestrar, cellulosaetrar och andra kemiska cellulosa-derivat. . .
3904 Härdade proteiner, såsom härdat kasein och härdad gelatin.
3905 Naturhartser, modifierade genom smältning. Konsthartser, erhållna genom förestring av naturhartser eller hartssyror/hartsestrar. Kemiska derivat av naturkautschuk. . .
3906 Andra högmolekylära polymer, konsthartser och plaster.
3907 Varor av material, hänförliga till positionerna 3901—3906.

Enligt denna indelning hör de viktigaste plasterna till grupperna 3901 och 3902.

Plaströmaterialen framställes i många former som mjöl, korn, emulsioner, dispersioner, krämer, vätskor o.d. Sin slutliga formgivning får de också genom ett flertal förfaranden, såsom form- och sprutpressning, form- och strängsprutning, gjutning, valsning och laminering. Observeras bör, att av de ursprungliga råmaterialen ofta framställes halvfabrikat i form av folier, skivor, stänger m.m., vilka sedan ytterligare förädlas vid olika fabriker. Då samma vara kan utgöra såväl råmaterial, halvfabrikat som slutprodukt inses, att insamlandet av statistiska uppgifter stöter på stora svårigheter.

22. Den finska plastindustrin och analys av råmaterialsimporten

För att ge den globala bakgrunden för utvecklingen i Finland har följande siffror för råvaruproduktionen i världen under tiden 1950—67 sammanställts (P o h j a n p a l o 1966 b s. 60, åren 1966—67 från skilda facktidskrifter).

Tabell 1. Världsproduktionen av plaster 1950—67 i milj. ton.
Table 1. World plastics production 1950—67 in million tons.

1950	1.5	1956	3.4	1962	9.1
1951	1.8	1957	4.4	1963	10.5
1952	1.9	1958	4.8	1964	11.5
1953	2.3	1959	6.1	1965	14.0
1954	2.5	1960	6.9	1966	16.3
1955	3.3	1961	7.7	1967	(18.8)*

* Prognos

Med en produktion på över 16 milj. ton år 1966 har plasten viktmässigt klart distanserat ett flertal andra viktiga produkter som aluminium, koppar, zink, nickel och gummi.

USA dominerade ännu på 1950-talet, men numera har de västeuropeiska producenternas andel ökat betydligt. De viktigaste länderna år 1966 var följande.

Tabell 2. Plastproduktionen år 1966 i de viktigaste länderna.
Table 2. Production of plastics 1966 in some important countries.

	1 000 ton *1 000 tons*	kg/person *kg/person*
USA — *USA*	5 900	30.3
Väst-Tyskland — *W. Germany*	2 200	39.3
Japan — *Japan*	2 100	21.0
England — *United Kingdom*	1 035	18.8
Sovjet — *USSR*	940	4.2
Italien — *Italy*	930	17.6
Frankrike — *France*	790	15.9

Dessa sju länder svarar för 87 % av världsproduktionen. Som synes har Väst-Tyskland den största produktionen per capita. Om man beräknar de s.k. östländernas produktion särskilt utgör den 10 % (jfr Pv 1965 s. 1255). Utvecklingen inom dessa områden har tillsvidare varit långsam, men Sovjet producerar dock numera c. en milj. ton plastråvara årligen.

Den finska plastindustrins grundningsår hänförs vanligen till år 1921, då Sarvis Oy i Tammerfors begynte sin verksamhet. Den egentliga expansionen skedde dock först efter andra världskriget och i synnerhet från mitten av 1950-talet. Några säkra uppgifter om antalet plastföretag finnes inte. E r i k s s o n (1966 s. 21) anger 300—350 st, K e i n o n e n (1966 s. 3) talar om 300 st och P o h j a n p a l o (1966 s. 27) beräknar dem till 350—

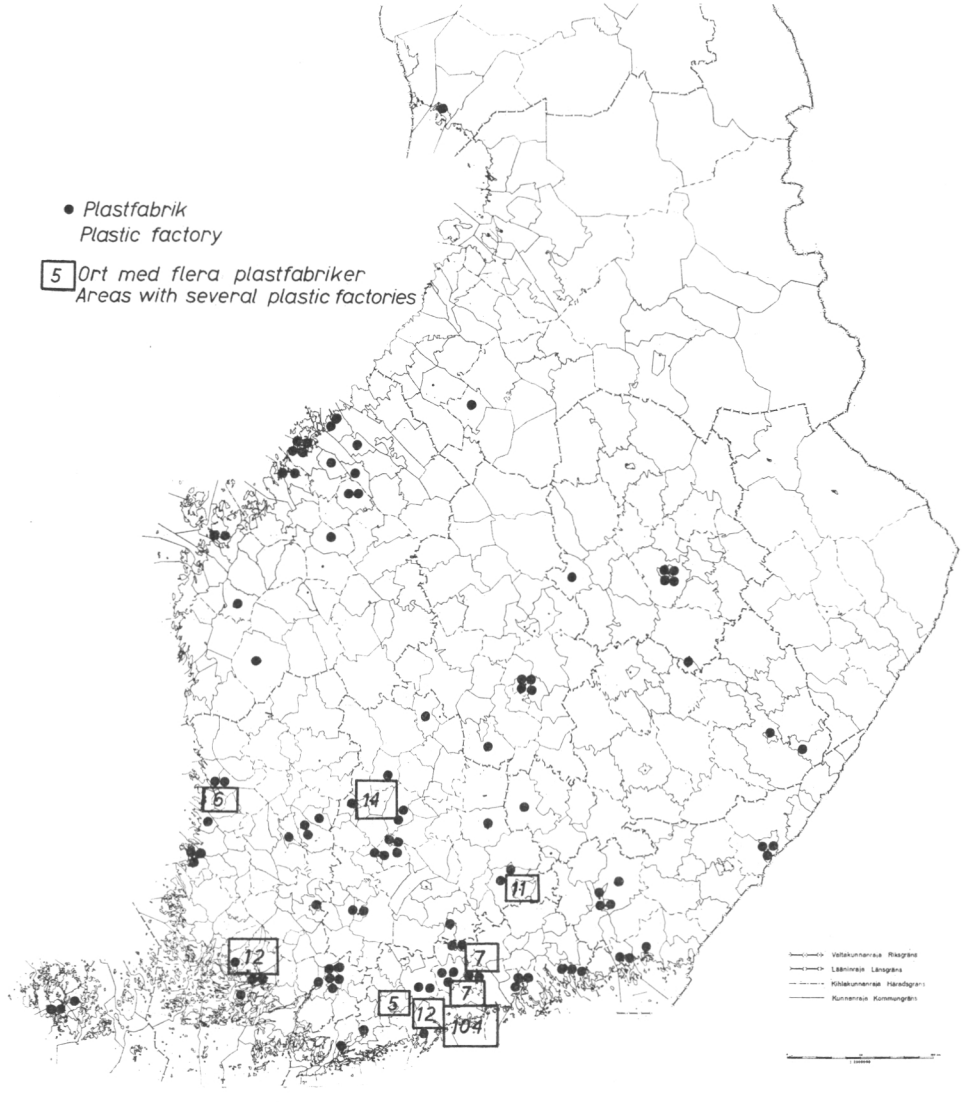


Fig. 1. Finlands plastindustri år 1966.
Fig. 1. Finnish plastics industry 1966.

400 st. Den officiella industristatistiken upptar under 1960-talet följande siffror som omfattar företag med minst 5 arbetare.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Antal plastvarufabriker	70	90	98	97	87	91
Varav plasttextilfabriker	6	7	5	3	3	3

Textilfabrikerna sysslar med framställning av plasttyger och har alltså en blandad produktion. Trots att industristatistiken knappast är fullständig, ger dock dessa tal belägg på att den finska plastindustrin omfattar ett stort antal »källarföretag» av obetydlig storleksordning. De mindre företagen sysslar som regel inte med virkesbunden plastproduktion. De medelstora och stora företagen har däremot ofta mångsidig produktion av olika såväl virkeskonkurrerande som virkesneutrala varor.

En allt större del av firmorna arbetar som underleverantörer eller hjälpavdelningar till stora industriföretag i trä- textil- och metallbranschen. T.ex. av Finska Plastföreningens medlemmar är c. 30 % dylika integrerade företag.

Plastindustrin är lokaliserad till landets södra och sydvästra delar som naturligt är, med tanke på att hälften av befolkningen återfinns på den tiondedel av landet som ligger längst söderut. Dessutom finns en stark koncentration till de stora städerna, i synnerhet hamnstäderna och deras uppland. Hälften av alla företag verkar i Helsingfors eller i stadens omedelbara närhet. Av bifogad karta framgår industrins utbredning enligt Sininen Kirja 1966 (jfr också Eriksson 1966 s. 5).

Vid en jämförelse med situationen år 1962 kan konstateras att totalantalet företag ökat från 245 till 279. Samtidigt har emellertid en betydande "omsättning" av firmor förekommit. T.ex. i Helsingforstrakten har inte mindre än 45 namn försvunnit medan 45 nya företag vuxit upp.

De plastbearbetande företagen i Finland är såtillvida i en speciell situation, att produktionen i huvudsak är beroende av importerat råmaterial. Den inhemska råvaruframställningen omfattar endast lim och plaster av sekundär betydelse. Fortfarande saknas en egen produktion av de primära plasterna PE, PVC och PS. Vid olika tillfällen har försök gjorts att framställa diverse råmaterial, men produktionen har visat sig olönsam och har sedermera upphört. Detta gäller i synnerhet fenoplaster. För närvarande produceras så gott som enbart plastlim, som framgår av följande tabell omfattande de viktigaste grupperna (Källa, eget material jfr också Muoviyhdistys vuosikertomus 1966 s. 4 och KT nr 8 s. 622).

Tabell 3. Finlands plastmaterialproduktion år 1966 i ton.
Table 3. Finnish plastics materials production 1966 in tons.

Produkt *Product*	Produktion *Production*
Kaseinplast — *Casein plastic*	40
Fenollim — *Phenolic resin glue* 40 %	15 000
Karbamidlim — *Urea resin glue* 60 %	7 500
PVAC-lim — *PVAC glue* 50—55 %	400
Alkydharts — *Alkyd resin*	2 000
Mjukningsmedel — *Plasticizer* (dioktylftalat, epoxiester, talloljealkyder)	1 400
Summa — *Total*	26 340

Omräknat i torrvikt torde detta motsvara c. 15 000 ton plastmaterial. Ett specialfall utgör Säteri Oy, som framställer naturproduktplast av cellulosa, vilken regeneras och strängsprutas till textilfiber och cellofan. Produktionen under 1966 var 30 000 ton rayonylle (Fibrofinn), 1 000 ton rayonsilke (Rayonfinn) och 1 600 ton cellofan. Av dessa produkter hör endast cellofan statistikmässigt till plastgruppen. Större delen av textilfibern och 30 % av cellofanen exporteras.

Den synnerligen obetydliga inhemska råvaruframställningen har medfört, att importsifforna år för år sprungit i höjden. Utvecklingen under detta årtionde framgår nedan och omfattar tulltariffgruppen 39 enligt inköpsländer (Tabellerna 4—9 bygger på Tullstyrelsens statistiska material, värdena för 1967 är prognoser baserade på halvårsuppgifter).

Tabell 4. Finlands import av plast 1960—67 i ton.
Table 4. Finnish plastics imports 1960—67 in tons.

	Plastprodukter *Plastic products*	ökning i % *increase in %*	Varav råmaterial *Of which raw material*	ökning i % *increase in %*	Varav råmaterial för plastlim *Of which raw material for plastic glues*	% av hela importen *% of total import*
1960	34 455		32 926		10 616	30.8
1961	43 771	27.0	40 367	22.6	19 552	44.7
1962	52 811	20.7	48 656	20.5	20 840	39.5
1963	59 160	12.0	54 821	12.7	25 234	42.7
1964	75 742	28.0	69 459	26.7	30 088	39.7
1965	95 546	26.1	88 098	26.8	39 806	41.7
1966	106 600	11.6	98 970	12.3	35 969	33.7
1967	(110 500)		(102 500)		(32 000)	

I medeltal har importen under detta decennium ökat 21 % årligen. Den totala valutaåtgången för att finansiera denna införsel steg år 1966 till 148.7 milj. mk. Som synes har plastlimmen intagit en viktig andel, de användes inom faner-, spånskive- och snickeri-industrin. Situationen på limmarknaden kan dock väntas helt förändras då betydande utvidgningar av den inhemska produktionen nyligen genomförts. Till denna fråga återkommer vi i senare sammanhang.

Konsumtionen av plastprodukter i Finland har utvecklats på följande sätt, då man beaktar den inhemska produktionen och exporten.

	Total-åtgång kg/person	Åtgång utan plastlim kg/person
1960	8.9	5.7
1961	9.0	3.9
1962	11.0	5.6
1963	12.2	6.0
1964	17.8	10.5
1965	21.7	12.1
1966	24.0	14.0

En dylik åtgång per capita har inom några år fört upp Finland i närheten av de ledande länderna i världen. I själva verket ger detta en överoptimistisk bild av utvecklingen, då konsumtionen, plastlimmen frånräknade, placerar oss i mitten av de industrialiserade länderna. Plastlimmen exporteras i huvudsak på nytt i samband med faner- och spånskiveexporten, varför de inte kan anses »konsumerade». Det riktigaste skulle vara att endast beakta den andel, som ingår i den inhemska konsumtionen av skivprodukter.

Importen av plastprodukter har dock varit något större än vad siffrorna i tabell 4 utvisar. I flera andra grupper ingår nämligen varor, som delvis består av plast. Nämnas kan borstar med infattning av plast (9602), dockor (9702) och andra leksaker (9703) av plast m.m. Sammanlagt kan plastandelen i dessa varor uppskattas till c. 500 ton under år 1966. Å andra sidan kan man naturligtvis framhålla, att i de egentliga plastprodukterna i grupp 39 ingår andra ämnen än plast i betydligt större kvantiteter i dispersioner o. d.

En analys av plastimporten enligt olika råvarugrupper och användningsområden ger följande siffror.

Tabell 5. Finlands import av polymerisationsplast för varuframställning 1960—67 i ton.
Table 5. Finnish imports of polymerization plastics for production of articles 1960—67 in tons.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
3902—100 PE — *PE*	1 076	3 106	5 173	5 499	7 880	11 075	21 753	33 100
200 PS — *PS*	898	1 897	2 580	2 713	3 154	3 985	4 888	6 300
302 PVC — *PVC*	2 042	5 853	7 052	7 780	10 914	11 922	13 447	13 400
304 PVAC — *PVAC* ...	272	188	76	190	237	520	388	200
309 Annan vinyl — *Other vinyl*	99	344	675	709	1 505	1 727	1 901	700
409 Akryl — *Acrylic* ...	35	42	83	117	260	156	277	200
500, 600 Övriga — *Others*	1 163	1 846	1 892	2 379	4 117	6 360	6 146	900
Summa — *Total*	5 585	13 276	17 531	19 387	28 067	35 745	48 800	(54 800)

Som synes var PVC-gruppen den största ända fram till 1965 men under 1966 har PE-importen genom sin nästan 100 %-iga ökning klart gått upp i ledningen. Den stora ökning som också 1967 års PE-siffror indikerar är delvis skenbar då tidigare gjorda nomenklaturfel rättats. Detta framgår klart av att importen i gruppen 3902—500 och 600 sjunkit till 900 ton mot 6146 året förut. Om motsvarande rättelser göres för år 1966 stiger PE-importen detta år till 27 697 ton. Huru stor den slutliga tillväxten år 1967 blir kan ännu inte avgöras, då endast importsiffrorna för halva året finns tillgängliga.

Motsvarande siffror för importen av polykondensationsplaster ger följande tabell.

Tabell 6. Finlands import av polykondensationsplast för varuframställning 1960—67 i ton.
Table 6. Finnish imports of polycondensation plastics for production of articles 1960—67 in tons.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
3901—103 Fenolpressmassa—*Phenolic moulding powder* ..	78	370	527	498	476	478	605	700
153 Aminopressmassa — *Amino moulding powder*	191	469	506	481	781	793	560	800
253, 259 Omättad polyesterpressmassa — *Unsaturated polyester mould. powder*	205	506	859	594	904	1 293	1 731	2 300
303 Amid och uretan pressmassa—*Polyamide and polyurethane mould. powder*	45	146	127	115	167	133	202	300
309 Annan obearb. amid och uretan — *Other unrefined polyamide and polyurethane*	307	339	745	477	488	259	347	400
359 Obearb. epoxi och etoxilin — *Other unrefined epoxy and ethoxylene* ..	15	43	63	110	150	185	222	300
410, 490 Silikoner—*Silicones*	18	38	58	70	89	93	137	150
500, 600 Övriga — *Others* ..	308	826	2 182	2 074	2 447	2 865	2 793	2 400
Summa — *Total*	1 167	2 737	5 058	4 419	5 502	6 099	6 597	(7 350)

I polykondensationsgruppen är polyestrarna de enda något betydelsefullare, då grupperna 500 och 600 i själva verket består av ett flertal olika plaster och avfall, som av skilda orsaker inte kunnat hänföras i någon egen grupp. Hela gruppen 3901 har som synes vuxit långsammare än 3902. År 1960 var förhållandet mellan importkvantiteterna i grupperna 1 : 5, nu är det 1 : 8.

En ganska obetydlig grupp bildar naturplasterna, vilket framgår av följande siffror.

Tabell 7. Finlands import av några viktiga naturplaster 1960—67 i ton.
Table 7. Finnish imports of some importent natural plastics 1960—67 in tons.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
3903—209 Cellulosaacetat — *Cellulose acetate*	104	224	178	112	136	130	131	150
401 Cellulosaetrar, rena — *Cellulose ether, pure* ...	25	57	81	92	147	196	398	400
409 Cellulosaetrar, andra — *Cellulose ether, others* ..	66	26	9	38	65	72	134	100
Summa — *Total*	195	307	268	242	348	398	663	(650)

Hela denna grupp är tills vidare av sekundär betydelse. Cellulosaetrarna användes i huvudsak som råvaror i färgindustrin och återfinns därför i tabell 9.

Som redan framgick är importen av plastlimämnen betydande. De viktigaste grupperna har sammanförts i följande tabell.

Tabell 8. Finlands import av plastlimämnen för skogsindustrin 1960—67 i ton.
Table 8. Finnish imports of plastic adhesives for the forest industry 1960—67 in tons.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
3901—105 Fenoplast i lösning — *Phenolic plastic in solution*	222	509	367	194	291	501	324	600
109 Fenoplast, andra obearb. — *Phenolic plastic, other unrefined*	79	226	330	576	640	792	468	150
155 Aminoplast i lösning — *Amino plastic in solution*	1 252	7 577	8 852	11 006	18 447	26 007	22 709	19 200
159 Aminoplast, andra obearb. — *Amino plastic, other unrefined*	6 986	8 217	7 584	8 322	5 844	6 291	5 943	6 000
3902—303 PVAC i lösning — *PVAC in solution*	523	1 018	1 281	1 778	1 646	2 146	2 400	2 350
304 PVAC, andra obearb. — *PVAC, other unrefined*	272	188	76	190	237	520	388	200
3905—401, 409 Naturhartser — *Natural resins*	498	291	428	502	515	331	138	100
Summa — *Total*	9 832	18 026	18 918	22 568	27 620	36 588	32 370	(28 600)

Limämnena importeras i huvudsak i dispersioner men också i torr form. Den största gruppen svarar som synes amino-plasterna för. De importeras i 60—65 %-iga lösningar. Som nämndes kan man vänta sig en snabb förändring av situationen på grund av den betydande inhemska produktionen, som igångkörts och som redan något avspeglas i 1966 och 1967 års siffror. Av totalkvantiteten PVAC-polymer har 40 % medtagits i denna grupp medan resten beräknats åtgå för färgindustrins behov. Också denna industrigren är numera i hög grad beroende av import av olika lackhartser. Tillväxttakten kan bäst bedömas av följande tabell där importen för 1960 och 1966 sammanställts.

Tabell 9. Finlands import av plastråvaror för färgindustrin 1960 och 1966 i ton.
Table 9. Finnish imports of plastic raw materials for the paint industry 1960 and 1966 in tons.

	1960	1966
3901—101 Fenollackhartser — *Phenolic paint resins*	139	148
151 Aminolackhartser — *Amino paint resins*	110	114
203, 209 Alkyder, lösningar — *Alkyd resins, solutions*	794	3 116
251 Polyesterlackhartser — *Polyester paint resins*	11	13
301 Amid- och uretanlackhartser — *Polyamide and polyurethane paint resins*	7	52
351 Epoxi lackhartser — *Epoxy paint resins*	107	294
3902—301 PVC lösningar — *PVC solutions*	192	229
303 PVAC » *PVAC* »	784	3 600
401 Akryl » *Acrylic* »	463	2 160
3903—401, 409 Cellulosaetrar — *Cellulose ether*	100	532
Summa — *Total*	2 707	10 258

Med tanke på den framtida inhemska råvaruframställningen kan det vara av intresse att beröra importens struktur. En stor del av leveranserna sker med bil direkt från dörr till dörr. Detta gäller i synnerhet import från de nordiska länderna och i viss mån Väst-Tyskland. Resterande kvantiteter transporteras med båt och säljes CIF finsk hamn. Försäljningen från lager i Finland är av ringa omfång, däremot har några importörer betydande lager upplagda i Köpenhamn och Rotterdam, därifrån snabb leverans kan erhållas. Från fabrik är leveranstiden i allmänhet 6—8 veckor, vilket kan bereda svårigheter för avnämnaren i Finland vid oväntade produktionsskiftningar. Utan tvivel påverkas fabrikanternas val av råvaruleverantör av möjligheten till snabba leveranser, vilket till en del förklarar den ringa importen från USA. Råvaran packas endera i plast- eller papperssäckar på 25 kg eller motsvarande lbs tal. Storförbrukare har intresse av större förpackningsenheter och experiment med 1 000 kg:s säckar och speciella järnvägsvagnar pågår.

Importen av halvfabrikat var 5 397 ton år 1966. De viktigaste grupperna utgjordes av plastfolie och olika sorters skivor. Om man jämför importvärdet av varorna i dessa grupper med motsvarande mängd råmaterial är halvfabrikaten 3.2 gånger dyrare (jfr Keinonen 1966). Färdiga plastprodukter importerades samma år 1 333 ton, i huvudsak påsar och säckar för specialändamål. Varorna i denna grupp är 8 gånger dyrare än motsvarande råmaterial.

Då man beaktar den procentuella värdefördelningen av den totala plastimporten var de mest betydande inköpsländerna år 1966 följande:

Väst-Tyskland	26.1 %
Sverige	20.2 »
England	14.6 »
USA	11.8 »
Norge	4.7 »
Danmark	4.5 »

Allt som allt upptar tullstatistiken import från 33 länder. Vid en jämförelse bakåt i tiden kan konstateras, att Sveriges andel vuxit på bekostnad av Väst-Tysklands.

Exporten av plast i tullstatistikens 39. grupp utgjorde år 1966 9 150 ton till ett värde av 19.5 milj. mark. Häri ingår inte de plastkvantiteter, som exporteras i olika kombinationsprodukter. Huvuddelen av exporten går till Sverige och Sovjet som följande värdebaserade procenttal utvisar:

Sverige	32.8 %
Sovjet	21.8 »
Danmark	11.0 »
Belgien + Luxenb.	7.9 »
Väst-Tyskland	6.7 »
Norge	4.3 »

Totalt fördelar sig exporten på inte mindre än 58 länder. Bland de viktigaste exportprodukterna kan nämnas rör, skivor och säckar.

3. ORIENTERANDE ÖVERSIKT AV VIRKESBUNDEN PLAST OCH HÄRMED ARBETANDE FÖRETAG

31. Ifrågakommande plastslag och deras egenskaper

Av de halvsyntetiska produkterna är cellofan och cellulosaacetat de viktigaste på den virkesbundna plastsidan. Huruvida cellofan skall hänföras till plastgruppen kan ifrågasättas (jfr R å n b y 1966a s. 2). Såsom framkommit tillverkas dessa vardera material av cellulosa, varigenom redan i produktionsskedet samarbetstendensen överväger. Att cellofan kan konkurrera med de helsyntetiska plasterna beror, utom på billiga produktionskostnader, på att ytan kan beläggas med de mest olika material. På plussidan har cellofanet dessutom god hållfasthet, böjlighet, fett- och oljebeständighet, medan däremot vattenisoleringen är dålig (jfr S a c h a r o w 1967). Detta avhjälpes vanligen genom beläggning med lämplig annan polymer. Beträffande cellulosaacetaten kan kristallklarheten och den ganska goda värmebeständigheten framhållas. Arom-, fett- och oljetätheten är god men gaspermeabiliteten dålig. CA löses av organiska lösningsmedel. Användningen av cellofan och CA på den virkesbundna sidan uppvisar både konkurrerande och samarbetande drag i huvudsak som folieprodukter på förpackningsområdet. Ytterligare kan nämnas cellulosa-butyrat och -propionat, vilkas användning tillsvidare varit obetydlig. De äger bättre vattenbeständighet och dimensionell stabilitet än CA.

Av polymerplasterna är PE den mest använda plasten för folietillverkning och beläggning på papper och kartonger. PE är ett segt, skinnartat material, vars fasthet, hårdhet och åldersbeständighet ökar med stigande molekylvikt och kedjelängd. Tätheten inverkar avgörande på skyddsegenskaperna på så sätt, att gastätheten ökar vid större densitet. Likaså stiger temperaturhållfastheten så, att HD tål 130°C och kan alltså kokas, vilket har stor praktisk betydelse. Också köldegenskaperna är goda, det finns kvaliteter, som ännu vid —60°C bibehåller sin böjlighet. Den kemiska hållfastheten är utmärkt, endast koncentrerad svavelsyra och rena eller klorerade kolväten förmår angripa materialet. Då PE dessutom hör till de prisbilligaste plasterna, är dess stora popularitet förklarlig. Materialet har trängt in på alla virkesbundna områden förutom båtindustrin, där det endast förekom-

mer som skyddsfolie i form av presenningar o.d. De samarbetande aspekten ser ut att överväga, om också direkt konkurrens förekommer på säck- och lådområdet.

PP är en förhållandevis ny plast, som tål hög värme (165°C) och förenar klarhet med goda täthetsegenskaper. Olje- och fettätheten är bättre än hos PE, liksom skyddet mot syre och koldioxid. Vanligen avtar segheten, när hårdheten ökar, men PP folier bibehåller vardera egenskaperna och kan följaktligen påläggas i tunna skikt med hög glansyta. Användningsområdet omfattar isynnerhet produkter, som skall tåla höga temperaturer på grund av limning eller pastörisering. Också i byggnadsbranschen kan en mindre infiltrering av PP konstateras.

PVC med en tillsats av mjukningsmedel från 20—40 % lämpar sig som folie och konkurrerar t.ex. i Italien om säckmarknaden. Isoleringsegenskaperna mot kväve, syre och koldioxid är bättre än hos PE. PVC isolerar sämre mot vattenånga men tål väl alkalier och syror. Härdigheten mot oljor och fetter är mycket god, om också den växlar beroende på tillsatsen av mjukningsmedel. Materialet löser sig i organiska lösningsmedel av samma kemiska grundtyp. PVC användes i pappersindustrin oftast som vattenemulsion, men också i lamineringssammanhang.

PVC är den mest använda plasten i byggnadsbranschen där den utnyttjas som rör, skivor, band, profiler m.m. Både virkeskonkurrerande och neutrala drag kan påvisas. Kvalitetsmässigt finns PVC att tillgå från hårda glasklara skivor till porösa skumplastmadrasser, alla med utmärkta kemiska egenskaper. Hård PVC har ungefär samma styrkeegenskaper som akryl, men vissa sämre allmänna egenskaper som färghållfasthet och genomskinlighet. Detta har inverkat på dess popularitet trots lägre pris. I kalla klimat är dessutom en viss försiktighet tillrådlig vid uteanvändning. Numera framställes dock speciella slagtåliga kvaliteter med förbättrade köldegenskaper. Jämfört med polyester är PVC estetiskt mera tilltalande, men styrkeegenskaperna är sämre. Den hårda PVC-skumplasten, som i Europa befinner sig på experimentstadiet, förutspås en enastående framtid på grund av sin eldfasthet.

PVCD-folierna är kända för sin höga gas- och aromtäthet, motståndskraft mot fett och oljor samt mot de flesta syror och gaser. Denna plast ser ut att få ökad användning på kombinationsproduktsidan i synnerhet för livsmedel på grund av sin absoluta lukt- och smaklöshet. Man kan uppnå en vattenångstäthet på 0.2 g/m²/24 h med 40 g/m² PVDC, varvid dock dispersionen helst bör läggas på i flere skikt. Materialet har hög friktionskoefficient, vilket medför god staplingsbarhet i förpackningar. PVDC är synnerligen eldfast och mjuknar först vid temperaturer mellan 130—190°C beroende på kvaliteten.

PVAC är lätt att framställa som folie. Detta material ger en beläggning på papper, som är mycket motståndskraftig mot vatten, vattenånga och

fett. Dessutom kan beläggningen lätt avlägsnas med alkalier, vilket kan vara av betydelse för återvinning av avfallspapper. PVAC användes dock i huvudsak för produktion av lim, färger och andra plaster. Nämnas kan ytterligare polyvinylalkohol, som användes för förpackning av fetter och oljor.

PS släpper igenom vattenånga och andra gaser förhållandevis lätt, och också dess väderbeständighet är dålig. PS användes dock mycket vid vakuumformning av dryckesbägare och fat och konkurrerar på grund av sin billighet starkt med pappersprodukterna. Intressantast är dock skumpolystyren, som kan strängsprutas till folier med en mikroporös struktur lik papperets. På detta material, som i tjocklek om 0.25—0.3 mm bara väger 1/5 av pappersvikten, kan dessutom med lätthet tryckas önskad text eller färg. Då det sammanlimmas med papper, erhålles förnäma isoleringsegenskaper. I förpackningsindustrin användes skumpolystyren i synnerhet i askar, som invändigt ges en negativ form av den produkt som skall packas. Viktinbesparingen är betydande. En m^3 sågvirke väger minst 400 kg, medan motsvarande mängd skumplast väger bara 25—50 kg. Den slagfasta kvaliteten har dessutom erövrat ett betydande fotfäste inom byggnadsbranschen.

Polyester- och polyamidfolierna är ytterst starka och tål fetter och oljor samt höga temperaturer. De är praktiskt taget ogenomsläppliga för gaser och aromer, och de lämpar sig sålunda speciellt för vakuumförpackningar. T.ex. kaffeförpackningarna är vanligen laminat av polyester och PE. På minussidan måste framhållas deras höga pris i förhållande till många andra plastmaterial.

Polyesterns största användningsområden är emellertid som konstruktionsmaterial inom olika byggnadsbranscher, där detta material tillsammans med epoxiplast håller på att erövra en allt viktigare plats (jfr Muovit Rakentamisessa 1964). Polyester är som naturfärgad gulaktig med en ljusgenomsläppningsförmåga på 70—85 % beroende på tjocklek. De ultravioletta strålarna absorberas nästan 100 %:igt. Epoxiplastens användning begränsas i någon mån av produktens förhållandevis höga pris. Verkligt användbara blir dessa två plaster, då de kombineras med glastrådar (s.k. armerad plast) vilka finns att tillgå såsom ull, mattor, fiber eller band. Fibertjockleken är 5—10 μ. Draghållfastheten för en dylik blandning är enorm, vid laboratorieförsök har erhållits värden upp till 140 000 kp/m^2. Nämnda kombination leder till, att glasfibern svarar för dragkraften och plasten själv för tryckkraften alldeles som vid stålbetongblandningar, där stålet svarar för dragstyrkan och betongen för trycket. Andra viktiga egenskaper är också synnerligen tillfredsställande. Varken tid, vatten eller ljus inverkar försämrande, och glasfibern tål temperaturer upp till 380°C utan att hållfasthetsegenskaperna försämras. Plasten har inte lika goda egenskaper, men blandningen tål dock temperaturer på 180°. Glasfiberplasten kan bearbetas ungefär som akryl, men verktygen bör vara försedda med metallbett. Själva blandningen tillgår på så

sätt, att turvisa lager av plast och glasfiber lamineras med katalysatorhjälp. Vanligen sker detta som kall-laminering vid rumstemperatur, men bättre resultat uppnås, om reaktionen sker under tryck. Polyesterns värmeutvidgning är ganska obetydlig, och också krymptendensen är negligerbar. Som nackdelar kan nämnas, att glasfiberns ändar genom kapillärfenomenet kan leda vatten in i konstruktionen, varvid köld hastigt kan försämra styrkeegenskaperna. Detta kan naturligtvis förhindras genom isolerande ytbehandling.

Akrylplastens användning på beläggningssidan begränsas vanligen till färdigt tryckta papper eller kartongprodukter, då dess speciella klarhet utnyttjas. På byggnadsområdet är däremot akrylplasten ett redan länge känt material med övervägande virkeskonkurrerande eller virkesneutrala drag. Akryl säljes både som skivor och som rör och band och framställes både genom gjutning och pressning. I fråga om skivor är den största storleken i Finland c. 2 × 3 m och tjockleken varierar från under 1 mm till flere cm. Akrylens klimat- och ljushållbarhet är överlägsen övriga plastslags. Formbarheten är god, då skivorna uppvärms till c. 150°, och de håller sin nya form, så länge de inte utsättes för temperaturer över 80°. Skilda delar kan lätt limmas ihop, varvid sömstyrkan utgör c. 70 % av ursprungsdelarnas styrka. Materialets stora värmeutvidgning fordrar speciell uppmärksamhet vid skarvarna med andra material. Akrylplasten kan framställas glasklar med en ljusgenomsläppning på 92 %. Också de ultravioletta strålarna tränger igenom, men detta kan förhindras genom tillsats av absorberande material under framställningsprocessen. Glasklarheten utnyttjas speciellt, då plasten användes som fönster och takkupoler.

På byggnadssidan användes ytterligare stora mängder härdplaster. Betydande virkesneutrala aspekt kan påvisas i form av produkter för elektriska och sanitära ändamål. På laminatsidan framträder dock en samarbetande linje, där i synnerhet feno- och melaminplast kommer till användning.

Som av det föregående framkommit är det karaktäristiskt för plasterna, att de olika kvaliteterna har vitt skilda egenskaper, t.ex. vattenångans genomträngningsförmåga växlar för PE från 0.1 till 0.5 g/m²/24 h/mm

Tabell 10. Permeabilitet i plastfilm och papper (timmar innan lukten tränger igenom).
Table 10. Permeability in plastic films and paper (hours before aroma penetrates).

	Tjocklek *Thickness*	Lök *Onion*	Kaffe *Coffee*	Alkohol *Alcohol*	Vanilj *Vanilla*
PVDC laminat — *PVDC laminate*	1.4 mil	240	500	80	80
Vaxat papper — *Waxed paper*	1.3 »	1	16	6	1
PE, LD — *PE, LD*	1.0 »	¼	¼	12	4
PVC — *PVC*	0.75 »	¼	1	2	2
PE, HD — *PE, HD*	0.7 »	¼	—	—	1

1 mil = 0.0254 mm

beroende på kvaliteten. För användningsmöjligheterna inom förpackningsbranschen är utom gastätheten aromgenomsläppningen av stor vikt. Också denna varierar starkt som framgår av följande tabell där vaxat papper medtagits som jämförelseobjekt (A r n e s t a d 1964 s. 329).

Plasterna konkurrerar ofta sinsemellan, och det är nödvändigt att beakta vilka egenskaper som önskas vid en produktförpackning för att kunna avgöra, vilket som är det förmånligaste materialet. Sålunda användes t.ex följande PE-kombinationer:

PE + papper eller kartong
PE + aluminiumpapper
PE + cellofan
PE + polyesterfolie

För att sammanbinda de olika komponenterna tillsättes ofta ett särskilt vaxlager, som ytterligare ökar laminatets styrkeegenskaper. Man kan också utgå från olika monomer, som kombineras till ett lämpligt sampolymerat, vars egenskaper kan bestämmas redan i förväg.

För de plastslag, som användes på byggnads- och snickeriområdet, är de avgörande faktorerna drag- och tryckhållfasthet, värmeledningstal, användningstemperatur o.d. För att möjliggöra en jämförelse av de tekniska egenskaperna mellan de viktigaste byggplasterna och trävirke har omstående tabell sammanställts (I huvudsak enligt Perstorpsboken 1966 och J a l a v a 1952).

Som av dessa värden framgår, är den mest iögonfallande skillnaden plastmaterialens obetydliga vattenabsorption i jämförelse med virkets. Stora kastningar ifråga om densiteten förekommer också. Däremot är många värden, som användningstemperatur, värmeledningstal och dragbrottgräns, förvånansvärt närstående. De speciella tekniska egenskaperna hos skumplasten framträder klart i ovanstående värden.

32. Utvecklingen inom pappers- och kartongindustrin

321. Samarbetande och konkurrerande användningsområden och produkter

Som i inledningen redan framhölls, är pappers- och kartongprodukterna ett primärt område för den virkesbundna plasten, där såväl konkurrerande som samarbetande aspekt framträder. I synnerhet förpackningsindustrin står i centrum för nya strömningar, och då c. 50 % av pappersindustrins produktion går till detta ändamål är varje förändring livsviktig. På kombinationssidan tilldrar sig de plastbelagda pappers- och kartongprodukterna det största intresset. De första försöken på detta område gjordes i USA i början på 1950-talet av Du Pont och St. Regis Paper Company. Ett flertal olika fabrikationsmetoder har sedermera utarbetats. Man skiljer sålunda mellan pigment, strängsprutad, hot melt och emulsion beläggning och tillsvidare

Tabell 11. Tekniska egenskaper hos några byggplaster och tallvirke.
Table 11. Technical features in some construction plastics and pinewood.

	PVC		PS		Akryl ordinär *Acrglic general purpose*	Polyester med glasväv *Polyester with glass fibre*	Tallvirke *Pinetimber (Pinus silvestris)*
	styv *rigid*	mjuk *soft*	slagtålig *impact*	hård skum *hard foam*			
Densitet g/cm³ — *Density*	1.38—1.4	1.19	0.98—1.06	0.015—0.03	1.17—1.2	1.8—2.1	0.49
Ljustransmission % — *Lighttransmission*	stora variationer		ej transparent		91—92	ej transparent	
Max. användningstemp. °C — *Max. resistance to heat*	70	50	60—80	70	80	130	80
Dragbrottgräns kp/cm² — *Tensile strength*	480—600	160—180	250—450	..	500—800	500—2 000	858
Brottöjning % — *Flexural strength*	20—40	370—400	5—50	..	2—10	4	2—5
Tryckbrottgräns kp/cm² — *Compressive strength*	560—900	obestämb.	300—600	0.8—2.5	840—1 300	1 900—4 000	475
E-modul vid böjning 1 000 kp/cm² *Tensile modulus*	20—30	< 1	18—40	0.08	25—32	140—210	82—149
Värmeledningstal kcal/cm h °C — *Thermal conductivity*	0.14	0.14	0.15	0.025—0.03	0.12—0.18	0.12	0.13
Vattenabsorption % — *Water absorption*	0.1	0.2	0.05—0.25	0.05—0.3	0.3—0.4	0.2—0.9	20—100

verkar det att vara omöjligt att avgöra, vilken eller vilka metoder som kommer att bli förhärskande. I Europa är strängsprutningsförfarandet än så länge någorlunda allenarådande. Denna produktionsmetod tillgår sålunda, att en plastfolie framställes av en strängsprutmaskin försedd med slitsmunstycke och appliceras i halvsmält tillstånd på underliggande pappersbana. Beläggningstjockleken kan varieras genom slitsen i munstycket och skruvens varvtal kontra papperets hastighet. Papper och kartong har i regel en så pass porös yta, att inga större svårigheter uppstår i fråga om plastens adhesion med underlaget.

Strängsprutsförfarandet lämpar sig inte för beläggning av färdiga lådor eller wellpapp, då trycket mot underlaget skulle skada konstruktionen. I dessa fall, eller av andra orsaker, användes olika metoder, där plasten förekommer i smält tillstånd eller som emulsion i vatten eller andra lösningsmedel. Plasten kan härvid rinna ner eller sprutas på materialet, som skall beläggas, eller också doppas detta i plasten. Åtminstone i USA anses det s.k. hot melt-förfarandet erbjuda allvarlig konkurrens till strängsprutningen. Fabrikationen kan naturligtvis också tillgå på så sätt, att plastfilmen framställes skilt för sig och denna sedan lamineras med papper eller andra filmer i kombination med olika limvarianter. Minst 18 olika plastfilmer har redan kommit till användning på detta område. Den senaste utvecklingen har lett till att polymerprodukten i gasform kondenseras direkt på beläggningsytan.

Plast kan också användas som bindemedel i bestrykningsmassor. Den vanligaste metoden är s.k. pigmentbestrykning, där 80 % av torrvikten består av högvärdigt kaolin. Resten av torrvikten är sammansatt av plaster, vanligen styren-butadien eller akryl plus naturbindemedel. Fördelen med bestrykningen är, att tryckbarheten förbättras, då tryckfärgen fastnar på ytan utan att sugas in i papperet. Också papperets ytstyrka och vattenhållfasthet ökar (A s c h a n 1966).

Impregnering med plast kan göras genom att tillsätta plast till massan redan under pappersfabrikationen eller genom att dränka det färdiga papperet med plast. Impregnerat papper kan ytterligare ytbeläggas.

För att kunna överblicka, vilka fördelar som erhålles genom att kombinera plast och papper, är det skäl att granska materialen i förhållande till varandra (jfr A a l t i o 1966 s. 14).

P l a s t

Fördelar

1. Skydd mot vatten, gaser och många kemikalier
2. Styrka, elasticitet och svetsbarhet
3. Optisk klarhet
4. Låg brandfara
5. Goda elektriska egenskaper

6. Lätt att framställa
7. Går att värmeförsegla

Nackdelar

1. Förhållandevis högt pris
2. Dålig tryckbarhet utan specialarrangemang
3. Delvis dåliga egenskaper vid låga temperaturer
4. Svårare att förstöra
5. Statisk elektricitet (suger dammpartiklar)

Papper

Fördelar

1. Lågt pris
2. Goda tryckningsegenskaper
3. Förhållandevis olösligt
4. Ingen giftrisk
5. Stort urval i fråga om utseende

Nackdelar

1. Dåligt skydd mot vatten och gaser
2. Hög brandfara
3. Dåliga elektriska egenskaper
4. Kan inte värmesvetsas
5. Dåliga elastiska och andra styrke-egenskaper

Papperets dåliga egenskaper kan i viss mån undanröjas genom att tillsätta olika hjälpmaterial. Kemikalier kan reducera brandfaran, likaså kan våtstyrkan och åldersegenskaperna något förbättras genom olika metoder. Detsamma gäller för plasterna, men dylika tillsatsmaterial höjer vanligen produktens pris.

Proportionen mellan de material, som användes inom förpackningsbranschen, är likartad i alla industrialiserade länder i världen. T.ex. i Sverige kan följande procenttal anges (Hammenberg 1965 s. 1538):

Pappersprodukter	46 %
Metaller	23 »
Plast	17 »
Glas	14 »
	100 »

Plasten andel, som ännu 1950 var obefintlig, är i stark stigande. I Finland beräknar Korte (1966 s. 334) den till 15 %. Om man beaktar mate-

rialens egenskaper, inses lätt, att betydande fördelar kan uppnås vid en kombination av plast och papper. I synnerhet på livsmedelsområdet har dyliga produkter funnit användning, då en rad olika egenskaper fordras, som inte kan uppnås på annat sätt. Skyddsmaterialet måste hålla fukt, får inte släppa igenom gaser, inte bakterier och inte heller aromer. Det måste också tåla de syror, baser och fettämnen, som livsmedlen innehåller. Packningen får inte ge smak eller lukt och inte innehålla giftiga ämnen. Allt som allt så stora fordringar, att bara kombinationsmaterial kan uppfylla desamma.

I länder, där systemet med självbetjäningsaffärer byggts ut, har användningen av plast nått längst. I Finland är det i synnerhet kartongförpackning av mjölk, som vunnit insteg. Tidigare användes allmänt kartong med vaxöverdragning, varvid dock vaxbitar kunde lossna och blandas med mjölken. Likså var förslutningen av kartongerna arbetsdrygare, då varmsvetsning inte kunde tillgripas. Ett flertal förpackningsmetoder har numera utbildats. Nämnas kan t.ex. Satona-, Perga- och Polygalförpackningar. Förhållandet mellan plast och kartong är som regel 1—10, t.ex. Pure-Pack framställes av en kartong, som väger 400 g/m^2, varav 14 g PE-plast på yttre och 26 g på inre sidan per m^2.

Den senaste utvecklingen har lett till att mjölken packas i plastfoliepåsar eller plastflaskor, varvid också på detta samarbetsområde mellan plast och papper ett konkurrensförhållande uppstår. Foliemetoden är den billigaste, men har utan tvivel vissa nackdelar i fråga om våra möjligheter att handskas med förpackningen. Holland och Norge är föregångsland för denna metod, medan i USA plastflaskorna ser ut att helt slå igenom. I Finland har ett 30-tal mejerier övergått till påspackning. På mjölksidan användes alltså nu tre olika förpackningsmetoder: kartong, folie och flaskor, som tävlar sinsemellan. Förhållandet mellan dessa metoder kommer säkert att variera i olika länder, men det förefaller som kartongen skulle ha en stark ställning. Totalt beräknas, att av konsumtionsmjölken i Finland år 1965 48.8 % såldes i förpackad form. Förfarandet vinner insteg också för andra drycker och vätskor, nämnas kan oljebehållare av nylonöverdragen kartong.

Ytterligare finns en mängd områden vid sidan av förpackning av vätskor, där papper och kartong som plastbelagts erövrar marknaden. Som känt använder självbetjäningsaffärerna ett stort urval av plastbeklädda fat och brickor. De djupfrysta produkterna fordrar plastfolie, dryckesmuggar likaså osv. På byggnadssidan användes plastpapper som isoleringsmaterial, och kartong för packningslådor kombineras med plast för att uppnå bättre vattenskydd. Ytterligare en utvecklingslinje förekommer, där plast och papper samarbetar på så sätt, att en plastpåse inneslutes i en kartongförpackning utan någon hoplimning. Som ex. kan nämnas de välkända vakuumförpackningarna för kaffe.

På fabrikationssidan har plastbeläggningen medfört, att fabrikerna övergått till helcellulosakartong (såväl sulfat som sulfit) i stället för att använda s.k. brytkartong, dvs. kartong med slipmassa på ena sidan. Det har visat sig, att plasten lättare kan appliceras på en cellulosayta, varvid bättre hygroskopiska egenskaper uppnås. Plastens dåliga tryckningsegenskaper motväges genom den s.k. lepelmetoden, dvs. genom elektrisk urladdning mellan plastytan och en aluminiumelektrod, skapas otson, som oxiderar plastens yta.

Sammanfattningsvis kan om dessa nya förpackningar sägas, att papperet som ett ekonomiskt grundmaterial ger nödig strukturell styvhet, medan plastbarriären ger gott skydd mot vattenånga, gaser och kemikalier. Dessutom kvarstår flexibilitet över ett stort temperaturområde.

Vid sidan av kombinationsprodukterna förekommer emellertid en vidsträckt direkt konkurrens mellan plast och papper inom förpackningsområdet. Karaktäristiskt för utvecklingen är marknaden för cigarrettaskar, där Philip Morris Inc. i USA har övergått till vakuumpressing av 0.03 mm tjock PS-film för sina askar. Bara i USA kan denna utveckling medföra en årlig minskning av pappersbehovet med 250 000 ton och en motsvarande ökning av PS-åtgången med 200 000 ton. Speciellt tillspetsad är situationen på påsoch säckmarknaden. Säckar behövs årligen i hundratals miljoner världen runt till förpackning av olika massprodukter. Utvecklingen har gått över jute- till kraftpapperssäckar, som nu står i tur att trängas ut av plast. Olika varor ställer olika fordringar på säckens styrka, förmåga att motstå fukt, uttorkning o.d. En viss förbättring av papperssäckarna kan uppnås genom en kombination med asfaltspapper, men trots detta är plasten överlägsen. Sålunda har ett 135 g/m² asfaltpapper som består av 2 lager 47 g/m² papper + 41 g/m² asfalt en genomsläppning av c. 5 g/m²/24 h vattenånga, medan motsvarande tal för PE av tjockleken 24 g/m² är bara 2 g (Arnestad 1964 s. 327). Olika försök på säckområdet att kombinera plast och papper pågår också, men ett betydande genombrott har skett för den rena plastsäcken. Detta gäller i synnerhet förpackning av konstgödsel, varvid plastsäckarna möjliggör lagring i det fria. Vid vinterlagring av 75 000 ton förlorades endast 0.07 % (Bergstedt 1965 s. 137). Säcken är utomordentligt stark. Prov har visat, att en 50 kg:s plastsäck i medeltal måste falla 17 gånger från 3.5 m höjd för att gå sönder. Plastsäckarnas teoretiska användningsområde är rätt obegränsat, men påfyllningen av produkten genom ventilanordningar är tillsvidare inte slutligt löst, åtminstone inte tillräckligt billigt. En nackdel på plastsidan har också varit säckarnas halhet, som försvårar stapling i högar. Denna nackdel kan dock numera övervinnas på olika sätt.

Plastsäckarna väntas tränga in på de viktigaste områdena i följande proportion (Komi 1966, s. 5):

Kemikalier och läkemedel	38 %
Jordbruksprodukter och livsmedel	32 »
Byggnadsmaterial	20 »
Mineraler	8 »
Diverse	2 »
	100 »

De första plastsäckarna i Europa tillverkades 1957 i Frankrike av kalandrerad PVC, men produktionen var anspråkslös ännu i början på 1960-talet. Det huvudsakliga materialet är numera PE, endast i Italien överväger PVC-säckarna. Dessa har fördelen av en bättre kemikaliebeständighet, medan PE säckarna tål köld bättre. B e r g s t e d t (1965 s. 849) har lagt fram följande siffror för situationen i Europa år 1965 och en prognos för 1970.

Tabell 12. Plastsäcksmarknaden i Europa 1965 och 1970 i milj. stycken.
Table 12. European plastic sack market 1965 and 1970 in millions.

	1965			1970		
	Plastsäckar *Plastic sacks*	Per capita *Per capita*	% av alla säckar *% of all sacks*	Plastsäckar *Plastic sacks*	Per capita *Per capita*	% av alla säckar *% of all sacks*
England — *United Kingdom* PE	100	1.8	13	200	3.5	18
Frankrike — *France* PE	45	0.9	7	230	4.2	26
Benelux — *Benelux* PE	10	0.5	3	70	2.9	17
» — » PVC				(15)		
Italien — *Italy* PE	5	0.1	12	55	1.1	25
» — » PVC	65	1.3		150	3.0	
Väst-Tyskland — *W. Germany* PE	40	0.7	4	380	6.3	25
Norden — *Scandinavia* PE	10	0.5	2	130	6.0	20

Som synes har England hunnit längst på området men väntas 1970 ha distanserats av stora delar av Europa.

Utgående från prognosen för 1970 har B e r g s t e d t gjort följande kalkyl beträffande marknadens fördelning i Norden (tabell 13).

Den potentiella marknaden i de nordiska länderna beräknad till 130 milj. säckar förefaller redan ytterst konservativ. Snarare kan man vänta sig, att produktionen av plastsäckar år 1970 har passerat framställningen av papperssäckar. I Finland var framställningen av papperssäckar år 1966 c. 200 milj., varav över hälften exporterades (Källa, Converta). Öppna papperssäckar har i huvudsak använts, varför det varit lätt att marknadsföra en öppen PE-säck. Plasten torde nu ha erövrat c. 15 % av marknaden. Det största användningsområdet är också i Finland konstgödsel, där man kan vänta en 100 %:ig övergång till plast. Totalbehovet på jordbrukssidan rör sig om 25 milj. 50 kg:s säckar per år.

Tabell 13. Användningsområden för PE-säckar i Norden 1970 och uppskattad marknad i milj. stycken.
Table 13. Areas of use of PE-sacks in Scandinavia 1970 and estimated market in millions.

	Total antal säckar *Total number of sacks*	Därav PE *Of which PE*	Ventil *Valve*	Öppna *Open*
Kemikalier och plastråvaror — *Chemical and plastic raw materials*	30	10	5	5
Gödningsmedel — *Fertilizers*	160	50	35	15
Fodermedel — *Fodder*	110	10	2	8
Kvarnprodukter — *Milled products*	80	15	3	12
Cementindustrin — *Cement industry*	90	15	15	—
Livsmedelsindustrin — *Foodstoff industry*	60	5	—	5
Mineralprodukter — *Mineral products*	20	5	3	2
Sopsäckar — *Garbage sacks*	80	10	—	10
Övrigt — *Others*	20	10	2	8
Summa — *Total*	650	130	65	65

Utvecklingshastigheten på detta område har de senaste åren varit följande (jfr Leipä Leveämmäksi 1967 nr 1 s. 8):

1965 var 12 % av gödselsäckarna plast
1966 » 25 » » » »

Under 1967 torde plastandelen ha stigit till 70 %. År 1966 åtgick inalles 1 028 000 ton konstgödsel, varav 2.2 % på skogssidan. Observeras bör, att behovet av gödselämnen på skogssidan, som nu är 50 à 60 milj. kg per år, väntas växa till 150 milj. kg år 1975 (M e r a II 1966 s. 28). Enbart detta område betyder ett potentiellt behov av 6 milj. säckar. Andra områden, som visar intresse att övergå, är t.ex. konstfoderindustrin (10 milj. st.) och mjölkpulverindustrin (1 milj. st.). Cementindustrins säckbehov är av storleksklass 100 milj./år, men den tekniska utvecklingen måste ytterligare avancera, innan plast kan komma på fråga främst på grund av produktens höga temperatur. Av nya användningsområden kan sopsäckar nämnas, där ställningen mellan papper och plast ännu inte kan överblickas.

Från år 1965 har man också begynt framställa vävda plastsäckar. Dessa görs av 0.4 mm tjock plastfilm, som skärs i ytterst tunna remsor. I dylika säckar kan man packa produkter, som inte tål helt lufttätt rum, t.ex. säd. I Finland användes på detta område 25 milj. papperssäckar. Konsumtionen av gödsel, cement och säd stiger med befolkningstillväxten och nationalinkomsten, vilket leder till att fler och fler säckar åtgår. En produktion av 100 milj. plastsäckar enbart för Finlands del i en nära framtid förefaller ingen utopi.

Utvecklingen är naturligtvis i hög grad beroende av förhållandet mellan plast- och pappersprisər. Här kan konstateras, att pappersprisen redan länge hållit sig rätt konstanta, medan priset på plastråmaterial visat en stadigt

sjunkande tendens. T.ex. PE-priset har sedan 1954 sjunkit till ⅓. Papperet förlorar alltså sakta sin största fördel. T.ex. i Väst-Tyskland kostar en ventilförsedd 50 kg:s plastsäck mellan 67 och 95 Pf beroende på foliens tjocklek. En öppen säck är c. 25 % billigare. Motsvarande papperssäck med ventil och tredubbelt papperslager, varav ett lager bitumenpapper, kostar 55 Pf. Om bitumenlagret byts mot PE-belagt kraftpapper, stiger priset till 62 Pf. Producenterna räknar med att priset för plastsäckar skall kunna sänkas till mellan 50—73 Pf, men anser dock en direkt priskonkurrens med öppna papperssäckar omöjlig då dessa säljes för 30—35 Pf stycket. I Sverige ansågs skillnaden år 1965 uppgå till endast c. 10 % dvs. 5—10 öre till papperssäckarnas favör (jfr Rånby 1966 a s. 4). En jämförelse mellan prisen på öppna plast- och papperssäckar i Finland ger följande bild av den aktuella situationen. (Prisen gäller Yhtyneet Muovitehtaat Oy och Enso-Gutzeit Oy utan omsättningsskatt vid fabrik).

Tabell 14. Priset på öppna plast- och papperssäckar i Finland år 1967 i mk per 1 000 st.
Table 14. Price of open plastic and paper sacks in Finland 1967 in mk per 1 000.

Volym i liter *Volume in litres*	Plastsäckar *Plastic sacks*			Papperssäckar 75 g/m² *Paper sacks 75 g/m²*	
	Foliens tjocklek i mm *Thickness of foil in mm*			3 skikt papper *3-ply paper*	4 skikt papper *4-ply paper*
	0.15	0.20	0.25		
30	330.0	410.0	500.0	239.2	289.7
50	480.0	610.0	750.0	315.0	385.5

Om råmaterialpriset för PE sjunker med ytterligare 30 %, förefaller det, som om prisdifferensen mellan öppna plast- och papperssäckar skulle bli negligerbar. För ventilsäckar är ställningen tillsvidare betydligt oförmånligare, då framställningshastigheten hållit sig kring 10 säckar i minuten mot över hundra för öppna säckar. Det är dock bara en tidsfråga, när en utjämning på maskinsidan uppnås.

Konkurrensen mellan plast och papper är kännbar också på andra områden, där plastfolie håller på att tränga in. I synnerhet har användningen av s.k. skinnpackning och krympfilm snabbt spritt sig. Vid skinnpackning placeras varan täckt av folie på ett lämpligt underlag. Genom att applicera vakuum underifrån, sugs folien tätt till föremålet. Krympfilmernas främsta egenskap är, att de vid uppvärmning kraftigt sammandras och bildar på detta sätt en liknande tättslutande förpackning, som följer varans form. Praktiskt taget alla plastfolier kan fås att krympa, om de först sträcks i båda riktningar som uppvärmda och avkyls i utsträckt läge. Förfarandet användes främst i livsmedelsindustrin men vinner insteg också på andra områden. Nämnas kan, att åtminstone ett sågföretag i Sverige begynt använda krympfilm för sina paketpackade bräder. Detta förpackningssätt är både

hygieniskt och representativt, och har i många fall helt undanträngt kartongen. I vissa fall förekommer dock ett symbiosförhållande, då produkten som vid skinnförpackningen placeras på ett underlag av kartong och överdras med krympfilm. Försäljningen av dylika produkter, ofta färdiga maträtter, har avancerat långt i USA, där årsmedeltalet är 20 kg/person mot endast 2 kg i Europa. USA har 33 000 supermarket-butiker, som säljer 70 % av totala livsmedelomsättningen. Också i Sverige väntas om några år självbetjäningsaffärerna sköta 90 % av omsättningen. Framställningen av färdiga maträtter (2015 i industistatistiken) hade i Finland år 1964 nått 1.5 kg/person.

Fastän konkurrensförhållandet på viktiga områden ser ut att överväga, förefaller det dock troligt, att kombinationsprodukterna kommer att öka såväl plastens som papperets avsättningsmöjligheter. Inte minst kommer helt nya användningsområden att växa fram. Som exempel kan nämnas plastfolien på jordbrukssidan. Det har klart framgått, att ett plastlaminerat papper är fördelaktigare, då detsamma lättare förstörs och blandas med jorden efter växtperiodens slut. Också på skogsskötselsidan går utvecklingen mot användning av dylika produkter. Till dessa synpunkter återkommer vi i kapitlet om framtidsperspektiven.

322. Kartläggning av producerande företag

Den primära framställningen av kombinationsprodukter på förpackningsområdet är i Finland koncentrerad till pappers- och kartongindustrin. Följande företag har anskaffat nödig utrustning i form av strängsprutpressar.

Tabell 15. Strängsprutpressar vid pappers- och kartongfabriker i Finland år 1967.
Table 15. Extruder presses at paper and paperboard factories in Finland 1967.

Anskaffningsår *Year of supply*	Antal pressar *Number of presses*	Fabrik *Factory*	max. bredd/m *max. width/m*
1958	2	A. Ahlström Oy Kauttua Euran Paperi	1.25
1962	1	Enso Gutzeit Oy Vuoksenniska	1.50
(1967)	(1)	Kaukopään tehtaat	(2.20)
1963	1	Lohja-Kotka Oy Lohja Lohjan tehtaat	1.50
1964	1	Yhtyneet Paperitehtaat Oy Valkeakoski Paperituote	1.80

Med dessa pressar kan papper och kartong plastbeläggas med 5—50 g/m². Maximihastigheten är 300 m/min, men i praktiken är hastigheter mellan 150—200 m vanligast. Största bredd är som ovan framgår 1.80 m vilket är bland de bredaste i Europa. Endast i Sverige finns en maskin med 2 m bredd.

Enso-Gutzeit installerar dock som bäst en ny press, som beräknas vara färdig mot slutet av år 1967 då maximibredden stiger till 2.2 m. En teoretisk kapacitetsberäkning blir i hög grad beroende på produktens vikt. Vid en medelvikt av 200 g för kartongen och 20 g för plastbeläggningen är den teoretiska totalkapaciteten tillsvidare c. 100 000 ton plastlaminat per år. Förutom pressar för strängsprutning finns i landet ett tiotal bestrykningsanläggningar för dispersionsblandningar. Plastandelen utgör härvid dock bara 10—15 %, och den årliga totalåtgången är så pass obetydlig (1—2 ton), att någon närmare granskning inte är motiverad.

Sekundär framställning av olika plast- och papperskombinationer försiggår ytterligare vid ett mindre antal självständiga företag. Dessa inköpa alltså råmaterialen särskilt som de sedan förädlar till olika förpackningsprodukter. Nämnas kan Oy Polarpak Ltd i Tavastehus.

Ett annat viktigt område inom pappers- och kartongindustrin, där kombinationsmaterialen ser ut att revolutionera utvecklingen, är plastpapperstyg. Då denna nya industrigren knappt hunnit över experimentstadiet i Finland, förefaller det ändamålsenligare att genomföra granskningen i kapitlet om framtidsperspektiven.

Plastfolier produceras av följande fabriker av vilka de flesta också sysslar med vidareförädling till säckar och påsar.

Tabell 16. Plastfolieproducenter i Finland år 1967.
Table 16. Producers of plastic foils in Finland 1967.

Amerplast Ky	Tammerfors
Eralki Oy	Borgå
Finlayson-Forssa Ab, Plastfabriken	Forssa
Industrial Plast Ltd Oy	Åbo
Muovijaloste Oy	Lahti
Plastipak Tmi	Pertteli
Oy Prevex Ab	Nykarleby
Oy Rani Muovi	Teerijärvi
Oy Rosenlew & Co Ab	Björneborg
Säteri Oy	Toijala
Upo Osakeyhtiö	Lahti
Yhtyneet Muovitehtaat Oy	Vasa

Ett specialfall bland folieproducenterna utgör Säteri Oy, som strängsprutar enligt en beläggningsartad metod, varvid folien inte alls sträckes. På detta sätt erhåller produkten en överlägsen klarhet. Finlayson-Forssa gör i huvudsak plasttyger, varvid flere olika metoder för plastens laminering användes, men också ren folieproduktion står på programmet. Under 1967 räknar företaget med att ta upp en produktion av vävda plastsäckar. Övriga mindre plasttygfabriker har inte beaktats, då ingen egentlig folieproduktion förekommer. Skogsindustrin är numera representerad genom tvenne företag, Oy Rosenlew & Co Ab, och Eralki Oy som under 1966 inköpts av Tampella.

En kapacitetsberäkning på detta område är mycket svår att utföra, då fabrikerna producerar ett flertal olika kvaliteter. Tjockleken varierar i huvudsak från 0.03—0.5 mm. Man skiljer mellan byggnads- och trädgårdsfolie, specialfolie och påsfolie. Gram-vikten per m^2 varierar från 27.5 g för den tunnaste kvaliteten till 460.0 g för den tjockaste kvaliteten, Det vanligaste råmaterialet är PE. Folier under en viss tjocklek går oftast, som tidigare framhållits, under benämningen plastfilm, om också gränsdragningen är svävande. Film och tunna folier tillverkas genom sprutblåsning och gjutning av lösning på bandmaskin. För tjockare folie användes strängsprutning med slitsmunstycke eller kalandrering.

33. Utvecklingen inom byggnads- och snickeriindustrin

331. Byggplastens ändamålsenlighet och infiltreringsnivå

Inom byggnads- och snickeriindustrin sker plastens framträngande både på den virkeskonkurrerande och på den samarbetande linjen. Som direkt undanträngande produkter kan nämnas profiler, möbler- och möbeldelar, rena plastskivor o.d. Den samarbetande linjen företrädes främst av olika laminerande skivprodukter och på sätt och vis av cellplasten både inom byggnads- och möbelindustrin.

Frågan i vilken mån plastmaterialen lämpar sig för byggnadsändamål är inte möjligt att entydigt besvara. Som allmänt kriterium för byggnadsmaterial kan följande framhållas.

1. Materialet bör fylla stora styrke- och andra mekaniska hållfasthetsegenskaper.
2. Vid uteanvändning måste materialet tåla klimatförändringar utan att utseendet försämras.
3. Materialet måste ha goda kemiska egenskaper och inte skada andra material.
4. Materialet bör vara billigt, lätt att framställa, att transportera och att handskas med.

Vilka styrkeegenskaper som fordras beror naturligtvis i hög grad på om materialet skall användas vid bärande konstruktioner, på områden som är utsatta för nötning eller bara för isoleringsändamål. Rent allmänt kan om plasten sägas, att den inte kan tävla med de traditionella byggmaterialens styrkeegenskaper som bärande material. Nötningsegenskaperna varierar däremot mycket beroende på plastkvalitet och kan dessutom betydligt påverkas genom olika hjälpämnen och framställningsteknik. I fråga om kemiska egenskaper har plasten få nackdelar, och den påverkas som regel inte av klimatet.

Plasten har inga korrosionsegenskaper som många metaller utan kan t.o.m. användas som isoleringsskikt mellan andra material för att hindra uppkomsten av korrosion. Plasternas stora fördel som byggnadsmaterial är deras formbarhet och den lätthet, med vilken olika delar kan förenas. Detta möjliggör i sin tur en långt gående industrialisering, d.v.s. färdigbyggande av delelement, vilket sänker byggnadskostnaderna. Tillsvidare är endast c. 20 % av byggnadsarbetet industrialiserat (BP 1967 jan. s. 98).

Bland plasternas största nackdelar som byggnadsmaterial måste framhållas värmeutvidgningskoefficienten, som är 8—10 gånger större än för stål, samt den s.k. kryptendensen. Detta betyder, att om plast utsätts för en längre tids spänning, strävar molekylerna bort från belastningshöjdpunkterna. Dimensionsbestämmande för konstruktioner av plast blir därför i regel deformationen och inte hållfastheten. Elasticitetsmodulen vid rumstemperatur för styva plaster varierar mellan 20 000—100 000 kp/cm^2, vilket är mindre än 1/20 av stålets. Tidsberoendet sänker dessutom de effektiva värdena. Ytterligare kan naturligtvis i många fall plasternas dåliga värmeegenskaper omöjliggöra en användning som byggnadsmaterial. En livlig forskningsverksamhet pågår världen runt för att förbättra och övervinna de negativa egenskaperna. De resultat, som har och kommer att uppnås, kan väl tänkas revolutionera plastens användningsmöjligheter inom en förhållandevis kort tid. Dessa aspekt diskuteras i ett senare kapitel.

Också på dagens utvecklingsstadium har emellertid plasten lyckats tränga in på ett flertal punkter inom byggnadsbranschen, t.ex. följande:

Golv och grunder
Vägg- och andra bärande konstruktioner
Isoleringsskikt
Ramar och andra profiler
Skivor (golv, väggar och innertak)
Lätta konstruktioner som kupoler, takfönster o.d.
Hela element

Utan egentligt sammanband med virkesåtgången har tidigare nämnts rör och kabelbeläggning, material för el.installering, lack, lim och målfärger m.m.

Som redan framkom lämpar sig plasten mindre väl ensam för bärande konstruktioner, men goda resultat erhålles genom lämplig sammanblandning med andra material, främst med sådana av stenursprung. Ett utmärkt ex. är plastbetongen, där t.ex. furanplast användes i princip som cement för att binda murbruksämnena. Detta är ett förhållandevis nytt förfarande, som snabbt kan väntas finna stor spridning.

Olika plaster har som isoleringsmaterial visat sig oöverträffbara. Styv cellplast användes i väggar för att isolera värme, fukt och ljud. Likaså lämpar sig för detta ändamål PE-foliepappret i många fall. Volymvikten för cellplasterna växlar mellan 15—80 kg/m^3, vilket gör dem speciellt användbara

för s.k. sandwichkonstruktioner. Härvid lamineras på ömse sidor om skumplast glasfiberförstärkt polyester eller andra lämpliga plastskivor. Om ljus önskas, kan två glasklara skivor sammanbindas med tvärribbor, så att ett isolerande luftlager bildas. Spänningen vid temperaturförändringar måste speciellt beaktas, då temperaturen på innersidan kan vara +25° och ute —30° eller lägre.

I England är förhållandet mellan de plastslag, som användes i byggnadsbranschen, följande (BP 1965 nov. s. 644).

Tabell 17. Användning av byggplaster år 1965 i England i 1 000 ton.
Table 17. Consumption of construction plastics 1965 in the United Kingdom in 1 000 tons.

PVC — *PVC*	80	Polyester och epoxider — *Polyesters and epoxides*	4.5
Härdplaster — *Thermosets*	35	PP — *PP*	1.5
PE — *PE*	12	Övriga — *Others*	1.0
PS — *PS*	10		
Akrylplast — *Acrylics*	5		

De viktigaste användningsområdena för de tre största grupperna är följande i % av hela konsumtionen.

Tabell 18. Användningsområden för de viktigaste byggplasterna i England år 1965.
Table 18. Main building applications for plastics in the United Kingdom 1965.

PVC *PVC*		Härdplaster *Thermosets*		PE *PE*	
Styva rör — *Rigid pipe*	33 %	Laminat — *Laminates*	28 %	Rör — *Pipe*	61 %
Golv — *Flooring*	30 »	El.installering — *Electrical fittings*	25 »	Folier och skivor — *Foil and sheet*	28 »
Trådbeläggning — *Wire covering*	19 »	Spånskivor — *Particle board*	21 »	Rörskarvar — *Pipe fittings*	6 »
Skivor — *Sheets*	15 »	Dörrar — *Doors*	11 »	Sanitära prod. — *Sanitary ware*	3 »
Flexibel strängsprutning *Flexible extrusions*	3 »	Sanitära prod. — *Sanitary ware*	9 »	Kablar — *Cables*	2 »
	100 »	Faner — *Plywood*	6 »		100 »
			100 »		

Också i andra länder har plasten trängt in i ungefär samma förhållanden med beaktande av industrialiseringsnivå och klimatologiskt betingade olikheter. Länder med kallare klimat använder i regel mindre PVC. Rätt stora kastningar förekommer dock beträffande användningsnivån av plast i byggnadsindustrin. Enligt W u l k a n (1965 s. 1272) var infiltreringen i procent av totala plastproduktionen i några viktiga länder följande:

Japan	36 %
Väst-Tyskland	30 »
USA	24 »
England	15 »

I experimentsyfte har redan hela hus byggts av plast. Det mest bekanta torde vara Monsanto-huset i Disney-land i Kalifornien. Huset byggdes år 1957 av glasfiberpolyester och PS-skum i sandwichkonstruktion. Elementdelarna är 4.8 m långa och väger 50 kg/m². Allt som allt blir grundtrycket 0.75 kg/m². Vid konstruktionen har beaktats, att utetemperaturen kan stiga till +77° och att vindstyrkan kan vara 40 m/sek. Elementen är förenade genom skruvar, limning har undvikits för att göra hela konstruktionen lätt flyttbar. Om så önskas kan nya element fogas till byggnaden.

De s.k. geodetiska kupolerna är också ett exempel på helplastkonstruktioner. De bygges av glasfiberförstärkt plast sammansatt av paneler och lämpar sig som utställningshallar o.d. Sådana kupoler av betydande dimensioner har konstruerats. Ytterligare kan nämnas de kupoler, som skapats genom att plastfolie blåses upp och genom övertryck hålles uppe som ett ballongartat tält. På flere håll i världen pågår också experimentbyggen, där plast i olika former användes långt över den normala kvantiteten. T.ex. ICI i England har år 1963 byggt ett dylikt hus, där åtgången av plast var 3 ton i stället för det normala 45 kg. I London har nyligen över 20-vånings höghus uppförts, som utvändigt helt beklätts med plastskivor. Som ytterligare exempel kan nämnas, att i Moskva år 1963 byggts ett femvånings plasthus, där endast för grunden och byggnadsstommen användes betong och stål. Alla andra delar som väggar, inredning, köksattiraljer, rör m.m. är av plast. Vidare har man i Sovjet begynt bygga glasfiberplasthus närmast för arktiska områden. De hopställes av element, som ledigt två män orkar handskas med, och kan förenas och byggas ut i vilken riktning som helst.

332. Samarbetande och konkurrerande användningsområden och produkter

Det område, där den virkesbundna plasten inom byggnadsbranschen tillsvidare är av största betydelse, är skivprodukter. Numera framställes över hela världen ett otal kombinationsprodukter, där plast och träfiber på olika sätt har förenats. Dessutom förekommer en virkeskonkurrerande linje, där skivorna består enbart av plast, eller av plast och annat material inblandet eller som underlag. De förstnämnda skivorna sammanföres här under benämningen laminatskivor. Världsproduktionen av dessa torde överskrida 100 milj. m²/år (jfr Hyvärinen 1962 s. 3).

Pappersförstärkta laminatskivor begynte framställas redan för ett 50-tal år sedan, men deras egentliga genombrott skedde på 1950-talet. Framställningen sker i huvudsak enligt följande tre metoder (jfr Perstorpsboken 1966 s. 231):

1. Sammanlimning eller sammansmältning av ark eller banor.
2. Pressning av i förväg impregnerat poröst material.
3. Bestrykning av banformigt material med smältor, dispersioner eller andra lösningar av plastmaterial.

Produktionen tillgår sålunda, att kraftpapper impregneras med fenoplast, varvid det s.k. grundpapperet erhålles. Skilt för sig impregneras mönster- och ytpapperet med melaminplast, varvid ett synnerligen hårt men ändå genomskinligt ytskikt bildas. Plastens andel i denna produkt är c. 100 g/m^2 och papperets 160—220 g/m^2. Kombinationen av feno- och melaminplast har ansetts vara rätt dyr, varför olika försök har gjorts att ersätta melaminen med ett polyesterskikt. Goda resultat har uppnåtts om också dylika skivors yta i hårdhet inte fullt kan mäta sig med de ursprungliga melaminskivorna. En viktig fördel vid användningen av polyester är, att skivorna kan framställas vid lågt tryck. Det låga trycket har möjliggjort en ny tillämpning, där mönsterpapperet pressas direkt på spånskivor. Trycket bör härvid inte överstiga 15 kp/cm^2 för att inte skada underlaget. På hårdfiberskivor eller faner kan ett dylikt pappersförstärkt plastskikt naturligtvis lamineras oberoende av trycksynpunkter. Melaminskivorna fordrar, för att man skall uppnå en god yta, 135—145° värme och 80—100 kp/cm^2 tryck, eller också måste skilda katalysatorer användas. Melaminplasten kan ytterligare utbytas mot epoxiplast, varvid skivans kemiska och elektriska egenskaper förbättras. Den senaste utvecklingen har också möjliggjort olika skivors plastificiering med plastdispersion, ett förfarande, som tydligen är det billigaste i fråga om anskaffningskostnader.

Papperslaminatskivornas tjocklek kan varieras betydligt, men de vanligaste är 0.8—15 mm. En allmän bredd är 50 tum, medan längden varierar från 6—10 fot. En fabrik framställer vanligen ett 50-tal olika mönster och dessa i olika skivtjocklekar och kvaliteter. Andra kombinationsskivors tjocklek beror självfallet på vad för material som användes som underlag. Nämnas kan, att skivmönstret i många fall försöker efterlikna träytor, då producenterna fruktar konservatismen inom byggnadsbranschen. Laminatskivornas användningsområde sträcker sig över möbler, skåp, dörrar o.d. till badrums- och WC-väggar. Tjocka laminatskivor kan också komma i fråga för byggnaders uteväggar.

De egentliga plastskivorna har funnit ett stort användningsområde som golvbeläggningsmaterial. De kan närmast uppdelas i följande två huvudgrupper (jfr Muovit Rakentamisessa 1964):

1. Beläggning som limmats fast på underlaget.
2. På platsen gjuten beläggning, s.k. plastgjutgolv.

Den första gruppen använder i huvudsak PVC och kan lämpligast uppdelas vidare på följande sätt:

1. Homogena beläggningar
   a. i ett stycke
   b. i flere lager
2. Beläggning bestående av flere ohomogena lager

3. Beläggning där under slitytan finns kork, filt eller skumplast
4. Skivor med fyllnadsämnen
5. Hartsasbestskivor

De enkla homogena skivornas tjocklek varierar från 1.5—3 mm, och de framställes såväl i skivor som i rullar. De homogena beläggningarna kan också framställas av flere lager tunnare material (0.5—1 mm), som förenas med varandra under tryck och förhöjd temperatur. De säljes vanligen i rullar.

De ohomogena beläggningarna har ett 0.3 till 1 mm tjockt ytlager, som innehåller en betydande mängd PVC som slitagelager, medan under detta finns ett mera uppblandat material, som ger formstabilitet. Samma idé går igen, då en 0.5—1.5 mm tjock PVC-yta sammanslås med annat material, som kan vara upp till 4 mm tjockt. Härvid strävar man speciellt till att förbättra golvets ljudisolering och mjukhet.

Den fjärde gruppen av skivor innehåller vanligen asbest som fyllnadsmaterial, men också kalksten och kvartsmjöl kan komma i fråga. Plasten i dessa skivor kan bestå av ett blandpolymerat (PVC + PVAC). Skivornas storlek är i Finland vanligen 25 × 25 eller 30 × 30 cm.

Den femte gruppens sammansättning framgår redan av namnet. Dessa skivor är speciellt hårda, men har sämre kemiska egenskaper.

I den andra huvudgruppen, dvs. gjuten plastbeläggning, kommer PVAC, epoxiplaster och polyester till användning. Fyllnadsmedel är asbest och olika mineralmjöl. Beläggningens tjocklek varierar mellan 1—5 mm och påsättningen fordrar betydande yrkeskunskap. PVAC golven gjuts i 5—7 tunna lager, för att vattnet i emulsionen skall hinna förflyktigas. Vanligen bestryks golvet ytterligare med något slitstarkt lack. Vid användning av polyester eller epoxiplast räcker 1—2 lager beroende på önskad tjocklek. Dylika gjutna plastgolv förekommer i huvudsak i industribyggen.

Beträffande plastbeläggningarnas allmänna egenskaper kan framhållas, att slitstyrkan i regeln är fullt tillräcklig. Däremot kan belastningen inte överstiga 10—20 kg/cm^2, om skador skall kunna undvikas på de mjukare golvtyperna. Med tiden kan en viss kemisk förändring inträffa beroende på halten av organiska ämnen i materialet. Dessa förändringar framträder i form av sprödhet och krympning. Plastbeläggningarnas goda egenskaper överväger dock klart nackdelarna, som framgår av den stora popularitet, dessa material på kort tid uppnått. Också i Finland har man redan 15 år gammal erfarenhet av plastgolv (kvartsvinyl) t.ex. i Elantos varuhus i Helsingfors. Under denna tid har inga som helst reparationer behövt utföras (jfr Muovista Muistuu 1966 nr 4 s. 6).

Olika plastskivors möjligheter utnyttjas inte minst vid skapandet av fabriksbyggda färdiga element i form av hela kök, badrum med inbyggda garderober o.d., vilka i sin helhet transporteras till byggplatsen och lyfts på plats med hjälp av lyftkranar. Detta byggsätt vinner allt större sprid-

ning, allteftersom planeringen av höghus tilltar. T.o.m. tvåvåningselement har redan konstruerats (jfr SP 1966 nr 4 s. 80).

I många fall är det omöjligt att påvisa, i vilken mån plastskivor har trängt undan virket i byggnader eller i vilken mån kombinationsprodukterna ökar avsättningen. Däremot finns ett ganska klart begränsat område, där plasten står i uppenbart konkurrensförhållande till virket, nämligen profilprodukterna. Plastprofilerna håller på att tränga in på alla de områden, där tidigare trälister och ramar funnit användning. Därjämte har nya användningsområden skapats, varför profilerna numera förekommer i ett hundratal olika sortiment, man kan t.ex. skilja mellan följande huvudgrupper (jfr Yhtyneet Muovitehtaat Oy, Ohjehinnasto 1966 s. 19):

Fotlister	Kantlister
Ledstängslister	Rörelsesömlister
Trappstegslister	Prydnadslister
Tröskellister	Fönstertätningslister
Hörn- och andra skyddslister	

Dimensionerna varierar självfallet inom vida gränser. Tjockleken är vanligen mellan 6—40 mm och bredden mellan 20—100 mm. Leverans sker i rullar på upp till 100 m:s längd. Använt råmaterial är PVC. Ett synnerligen betydande område för plastprofilerna är fönsterkarmar och dörramar. I Finland är man ännu på experimentstadiet, men mångenstädes utomlands har plasten fått ett starkt fotfäste. Det är tydligt, att i synnerhet fönsterramar erbjuder ett tacksamt fält för plast, då de kan massproduceras i samma design och inte utsättes för stort kontinuerligt tryck. Allmänt känt är dessutom, att underhållskostnaderna för fönsterramar av virke är betydande. Då plasten tillsvidare har svårt att konkurrera i tjockare sektioner, förekommer symbios med metallförstärkningar. Profiler för utvändig fasadbeklädnad framställes också. T.ex. i Sverige tillverkas dylika »Lavella Spont» kallade 10 cm breda byggprofiler.

Användningen av plastfolie inom byggnadsbranschen har vunnit stor spridning. Meningen är att på detta sätt ge såväl bygget som arbetarna klimatskydd under konstruktionstiden. I de nordiska länderna är detta ofta en direkt nödvändighet, för att arbetet skall kunna fortgå också under vintertid. Idén har tillämpats vid alla sorters byggen, också för vägar, broar o.d. Detta användningsområde är virkesbundet på så sätt, att uppsättningen av folien fordrar en ram, som oftast göres av trä.

Som redan framkommit finns ytterligare vidsträckta områden i byggnadsbranschen, där plasten erövrat en betydande ställning. Detta gäller i synnerhet rör och material för elektrisk installation. Då dessa områden obetydligt tangerar virkesanvändning, kan de förbigås i denna undersökning och kommer endast att beaktas i fråga om deras inverkan på det totala råvarubehovet av plast.

333. Kartläggning av producerande företag

Fabrikationen av olika skivprodukter (cellplasten undantagen) försiggår i Finland vid följande betydande företag.

Tabell 19. Producenter av skivor med plastandel i Finland år 1967.
Table 19. Producers of plastic-containing sheets in Finland 1967.

Igångsättningsår *First production year*	Producent *Producer*	Skivans handelsnamn *Trade name of sheet*	Teoretisk kapacitet milj. m² *Theoretical capacity million m²*
	Laminatskivor — *Laminated sheets*		
1952	Enso-Gutzeit Oy Karhula	Ensolaatta	1.5
1952	G. A. Serlachius Oy Kolho	Ikilevy	1.0
1957	H. Saastamoinen Oy Kuopio	Sasmolevy	0.25
1961	Oy Vilh. Schauman Ab Jyväskylä	Melapan	0.05
1964	A. Ahlström Oy Pihlava	Manilevy	1.5
1964	G. A. Serlachius Oy Vammala	Vamelko	0.2
	Plastskivor — *Plastic sheets*		
1953	Yhtyneet Muovitehtaat Oy Vasa	Hovilaatta Styrox m.m.	1.0
1956	Oy Kymarno Ab Nokia	Finnflex Finnplano	1.2 2.0
1959	Paraisten Kalkkivuori Oy Pargas	Parastyren Parawell m.m.	0.06
1960	Oy Finnacryl Ab Helsingfors	Finnacryl Finnpropen m.m.	0.06
1966	Upo Osakeyhtiö Lahti	Fasadskivor under utveckling	

Som synes är skogskoncernerna de enda, som sysslar med framställning av laminatskivor. Ensoskivan består av en fiberskiva med ett så tunt lager (110 μ) karbamid- och melaminplast, att produkten utgör ett gränsfall på plastskivornas område. Ikiskivan är en papperslaminatskiva av den ursprungliga typen, där kraftpapperet impregneras med fenoplast och ytpapperet med melaminplast inalles c. 900 g/m². Sasmo är en tyglaminatskiva med faner- eller ribbotten och melaminplastyta. Schauman framställer Melapanskivan främst för eget behov för sin möbeltillverkning. Grundstommen utgörs av en 20 mm tjock spånskiva som ytlamineras med plast. Maniskivan består av en fiberplatta med laminerad polyesteryta. Vamelko använder faner som grundmaterial likaså med glasfiberförstärkt polyesteryta. Produkten är främst avsedd för containerbehållare.

På plastskivornas område är Yhtyneet Muovitehtaat den äldsta och framställer numera ett flertal skivor och mattor i huvudsak av PVC. Nämnas kan Hovi-, Kimara-, Kilpa- och Flexaskivorna samt Telon-golvmattan. Skivorna

kombineras med olika hjälpmaterial och golvmattorna har ofta under PVC-ytan skilda lager för att uppnå bästa möjliga mjukhet och ljudisolering. Kymarno har specialiserat sig på vinylasbestskivan Finnflex och PVC-mattan Finnplano. Fabriken är Nordens största och har dessutom annonserat betydande utvidgningsplaner. Parawellskivan består av glasfiberförstärkt polyester. Pargas Kalk framställer dessutom PS, PP och akrylskivor, men dessa användes i huvudsak utanför byggnadsområdet. Finnacryl (tidigare Oy Suomen Synteesi Ab) gjuter rena akrylskivor. Upo Osakeyhtiö har som första fabrik börjat framställa fasadskivelement av PVC genom strängsprutning. Fabrikationen är på utvecklingsstadium och har tillsvidare främst använts för egna byggnader.

I följande tabell har en del tekniska uppgifter om de olika skivorna sammanställts (Källa, reklambroschyrer och intervjuer).

Tabell 20. Tekniska uppgifter för en del viktiga skivprodukter i Finland.
Table 20. Technical specifications for some important sheet products in Finland.

Produkt *Product*	Grundmaterial *Main material*	Tjocklek mm *Thickness mm*	Största storlek cm *Largest size cm*	Medelvikt kg/m² *Avrage weight kg/m²*	Plastandel g/m² *Proportion of plastic g/m²*
Ensoskiva	Fiberskiva	3.5	120 × 240	3.6	55 UF + MF
Iki	Papperslaminat	0.9—1.4	125 × 300	2.0	900 UF + MF
Sasmo	Faner l. ribba + tyg	4—23	123 × 330	3.0	150 MF
Melapan	Spånskiva	20	125 × 275	11.0	2 000 UF + MF
Mani	Fiberskiva	3.2	120 × 240	3.8	350 Polyester
Vamelko	Faner	12—18	130 × 300	11.2	»
Hovi	Plast	2.5	30 × 30	5.0	Vinyl
Finnflex	»	2—2.5	25 × 25	4.6	PVC
Finnplano	»	1.5—2.5	140 × 2 000	3.2	»
Parastyren	»	0.7—5.5	120 × 180	3.0	Styren
Parawell	»	1.5	130 × 375	1.8	Polyester
Finnacryl	»	1—25	150 × 250	11.9	PMMA

På utvecklingsstadiet befinner sig den ABS-plast, som Säteri Oy framställer för ytlaminering av olika skivprodukter. Då detta förfarande tydligen fordrar de minsta investeringskostnaderna och är lätt att applicera vid fabrikerna, kan utvecklingen leda till att samtliga skivfabriker levererar plastbeklädda produkter enligt kundernas önskemål.

Bland bearbetare av produkter för byggnadsindustrin utan egen skivproduktion kan nämnas följande:

Oy Polykem Ab	Helsingfors
Rakennusmuovi Oy	Lahti
Sanka Oy	Lovisa

Dessa företag köper dels inhemska skivor och importerar dessutom i eget namn från utlandet.

Några av de fabriker, som framställer plastskivor, har också profiler på produktionsprogrammet. Följande företag torde täcka de viktigaste på området:

Oy Kymarno Ab	Nokia
Lapinleimu Oy	Toijala
Oy Prevex Ab	Nykarleby
Rakennusmuovi Oy	Lahti
Upo Osakeyhtiö	Lahti
Yhtyneet Muovitehtaat Oy	Vasa

Som sista viktiga grupp bland skivproducenterna bör cellplasten behandlas. Som redan framgått användes denna produkt dels inom byggnadsindustrin i olika isoleringssammanhang och elementkonstruktioner, dels inom möbelindustrin som stoppningsmaterial. Framställningen sker vanligen i skivform, och då skivorna både vikt- och volymmässigt skiljer sig radikalt från övriga plastskivor, är en särbehandling av cellplasten på sin plats. Produktionen är koncentrerad till följande företag.

Tabell 21. Cellplastproducenter i Finland år 1967.
Table 21. Producers of cellular plastics in Finland 1967.

Artekno Oy	Tammerfors
Aste-Ura Ky	Helsingfors
Huurre Ky	Tammerfors
Isora Oy	»
Kymen Vanu Oy	Kouvola
Oy Rosenlew & Co Ab	Björneborg
SOK Rauman tehtaat	Rauma
UK-muovi Ky	Lahti
Upo Osakeyhtiö	»
Yhtyneet Muovitehtaat Oy	Jakobstad

Kymen Vanu och SOK producerar mjuk skumplast av polyuretan, medan Huurre, Rosenlew och Upo gör styv skumplast av samma råmaterial. Övriga fabriker framställer styv skumplast av PS, vilken produkt främst trängt in på byggnadssidan.

Någon klar gräns mellan byggnads- och snickeriindustrin existerar knappast mera, allteftersom olika byggnadselement färdigställs i snickerifabriker. Om man vill uppehålla en gränsdragning är det närmast möbelframställningen som kan avskiljas till en egen helhet. Plaståtgången inom möbelindustrin har varit koncentrerad till användningen av skivor, profiler och skumplast. Som redan i inledningen framhölls, har skumplast i stor utsträckning trängt ut skumgummi. På senaste tid har dessutom sprutpressning av hela stolar, möbellådor o.d. vunnit insteg såsom varande den billigaste framställningsmetoden. Det är närmast på denna sida som en undanträngning av virket pågår. Plaståtgången vid sidan av PE är främst PVC och slagfast

PS. Också hela dörrar framställes av plast, t.ex. i Väst-Tyskland och Italien har grundats fabriker, som gör stora mängder PVC-dörrar årligen (Mv 1966 s. 90).

34. Plastlim

Som i inledningen redan framhölls, kommer situationen på plastlimssidan inte att granskas i detalj. Följande översikt strävar närmast till att ge en allmän överblick av området.

Plast begynte undanträngа tidigare använda limämnen i skogsindustrin för ett tiotal år sedan. Detta medförde bl.a., att importen av kasein- och albuminlim gick bakåt under 1960-talet. T.ex. blodalbuminimporten år 1960 var 1761 ton men år 1965 endast 963 ton.

De viktigaste plastlimmen är följande:

1. Fenolhartslim

Denna grupp befinner sig i speciellt stark expansion och användes huvudsakligast inom fanerindustrin. Limmet säljes som 40 %:ig lösning och transporteras i bil eller järnvägsvagn direkt till konsumenten, där produkten utspädes till 30—32 % före användningen. Följande två företag framställer dessa lim:

Ins.tsto. E. Priha	Hämeenkyrö
Oy Formalin Ab	Heinola

En ny fabrik med en årsproduktion på 30 000 ton planeras dessutom i Fredrikshamn. Efter nyligen företagna utvidgningar är den största producenten Oy Formalin Ab, som år 1968 väntas kunna producera 40 000 ton 50 %:igt formalin, vilket räcker för en betydande produktion av såväl karbamid- som fenollim. Den metanol, som behövs för produktionen, importeras, men Typpi Oy har planer på en egen metanolproduktion, som väntas vara realiserad senast år 1970.

2. Karbamidlim eller ureaformaldehydhartslim

Dessa lim framställes genom polykondensation av urea och formalin. Urea importeras tillsvidare i torr form utifrån, men Typpi Oy har byggt en ureafabrik, som väntas köra igång under år 1967. Karbamidlimmen säljes endera i torr form eller i 60—65 %:ig lösning. Konsumenterna späder ut limmet allt efter behov, t.ex. spånskivefabrikerna till 10 %. Också hjälpämnen tillsättes i någon mån. Enso Gutzeit Oy har en egen produktion av karbamidlim, som närmast säljes till snickeriföretagen i små mängder och inte konkurrerar med försäljningen till skivfabrikerna.

3. PVAC-lim

Dessa polymeriseras från vinylacetat. Förbrukarna är i huvudsak möbel-, block board- och pappersindustrin. Endast en liten del importeras i slutlig form. Det mesta kommer som PVAC-dispersion, vilken vidareförädlas vid

ett flertal fabriker inom landet. Även på detta område väntas en betydande förändring ske då Finska Forcit-Dynamit Ab i Hangö som bäst färdigställer en fabrik för polymerisering av vinylacetat med en kapacitet på 3 000 ton/år. Meningen är, att limfabrikernas behov skall kunna täckas av denna fabrik.

För pappersindustrin framställes ytterligare årligen 7 000—8 000 ton lim, som bygger på naturhartser. Recepten är hemliga, varför man inte med säkerhet vet, om de skall anses vara plast eller inte. Följande företag har dessa limprodukter på sitt program:

Oulu Oy	Uleåborg
Hercofinn Oy	Tammerfors
Suomen Liima-ainetehdas Oy	Helsingfors

Hartsen är talloljeharts, som behandlas med furmarinsyra, varvid troligen genom polykondensation stormolekyliga föreningar uppstår. Dylika lim använder samtliga pappersbruk utom tidningspappersfabrikerna.

Ställningen på plastlimsidan väntas inom de närmaste åren helt förändra sig i och med att den inhemska produktionen kommer igång på allvar. Importsiffrorna kan väntas nedgå i motsvarande grad, och t.o.m. en betydande export kan kanske upparbetas. K e i n o n e n (1966 s. 47) beräknade, att situationen skulle utveckla sig på följande sätt.

Tabell 22. Den finska produktionen av viktiga plastlim.
Table 22. Finnish production of important plastic glues.

	1965	1966	1967
Fenollim — *Phenolic resin glue* 40 %	8 000	15 000	25 000
Karbamidlim — *Urea resin glue* 60 %	3 500	18 000	30 000
PVAC-lim — *PVAC glue* 50-55 %	—	100	2 000
	11 500	33 100	57 000

I själva verket steg dock produktionen av karbamidlim år 1966 endast till c. 7 000 ton mot beräknade 18 000 ton och når icke heller närmelsevis 30 000 ton år 1967, varför utvecklingstakten är något långsammare, än vad ovan framförda siffror anger. Högst troligt förefaller dock, att exporten av plastlim senast år 1970 kommer att överskrida importen. Då man beaktar, att konsumtionen ännu år 1962 till 95 % var beroende av import, har utvecklingen varit förvånansvärt snabb.

Behovet i hela landet på skivområdet beräknas för närvarande (1967) till följande:

	Spånskive-fabriker	Faner-fabriker	Summa
Fenollim 40 %		15 000	15 000
Karbamidlim 60 %	18 000	13 000	31 000
	18 000	28 000	46 000

Då plastlimmens största avnämnare är faner- och spånskiveindustrin, blir de faktiska konsumtionssiffrorna i hög grad beroende av utvecklingen inom nämnda industrier. Trots en tillfällig stagnation i exportsiffrorna under senaste tid är som känt alla prognoser på området synnerligen optimistiska (jfr t.ex. Unasylva 1966 nr 80—81 s. 36).

På fanersidan ser fenollimmen ut att vinna ökat fotfäste på karbamidlimmens bekostnad. Också på spånskiveområdet kan en mindre övergång till fenollim väntas, dock högst 10—20 % av totalbehovet. Den framtida konsumtionsökningen av plastlim är för övrigt bunden till produktionstillväxten för skivprodukter.

35. Övriga områden (transport- och lagerbackar, båtar m.m.)

Framställningen av lådbräder utgjorde ännu för några decennier sedan en viktig produkt för sågindustrin, och en betydande export kunde upprätthållas. I och med kartongens genombrott som förpackningsmaterial begynte virket förlora terräng på detta område, och nu förefaller det, som om plasten skulle komma att ge den slutliga nådestöten. Signifikativt är, att exporten av lådbräder, som ännu på 1950-talet rörde sig kring 10 000 std per år, de senaste åren helt upphört.

Den egentliga utvecklingen av plastbackar tog sin början i Väst-Tyskland för 5—6 år sedan, då de första lådorna för flasktransporter färdigställdes. Betydande fördelar kunde genast konstateras. Nämnas kan, att en plastback är mellan 2/3 och hälften lättare än motsvarande trälåda. Vidare är den enklare att rengöra, hållbarare, mera hygienisk, ruttnar inte, behöver inte repareras, bullrar inte, fukt inverkar inte, mindre fara föreligger för personskador o.s.v. Allt som allt har den så stora fördelar, att trälådorna förefaller att vara slutligt dömda att försvinna. Betecknande är, att vid en olyckshändelse, då en lastbil körde av vägen i Belgien lastad med såväl trälådor som plastbackar, de flesta trälådorna var trasiga, men ingen av plastbackarna hade skadats (Pv 1967 nr 1 s. 28).

Övergången till plast fördröjs närmast av ekonomiska orsaker. Utrustning för sprutpressning av backar fordrar en grundinvestering på 400 000—800 000 mk för anskaffandet av en tillräckligt stor sprutpressmaskin och önskad form. Dessutom bör observeras, att företagen har svårt att etappvis lämna de gamla trälådorna, och en övergång till plast betyder sålunda också för kunderna en stor engångsinvestering. En intern omställning av maskineri för lådornas transportering inom fabriken kan också vara nödvändig.

I fråga om övergångshastigheten kan nämnas, att i Väst-Tyskland av beräknade 150 milj. flasklådor numera minst 10 % är av plast. Övergången berör naturligtvis inte bara flasklådor utan också andra områden är aktuella, t.ex. lådor för transport av fisk, frukt och grönsaker. I England och Sverige

har utvecklingen först alldeles nyligen kommit i gång. Jfr t.ex. BP (1967 jan. s. 79) »Fish boxes and tote boxes have also made some modest progress». I Danmark har Tuborg och Carlsbergs bryggerier övergått till plast.

I Finland började utvecklingen år 1964, då Sarvis Oy begynte framställa en plastlåda för mejeriprodukter, och från år 1966 finns också en modell, som lämpar sig för öl- och mineralflaskor. Under 1967 kommer Upo Osakeyhtiö med en egen lådmodell. Beträffande övergångshastigheten kan framhållas, att Oy Alkoholiliike Ab har anskaffat 500 000 stycken och att på mejerisidan likaså redan över hälften av använda lådor är av plast. Enligt senaste uppgifter är 1 milj. Sarvislådor i användning (Talouselämä 1967 nr 20 s. 499). Bryggerierna ställde sig länge tveksamma men numera (1967) är åtminstone 6 företag i färd med att växla över till plast. På lagerlådssidan har utvecklingen knappt börjat. Den mest kända representanten för denna typ av lådor är den s.k. MK-serien (Oy MK-tuote Ab). Materialet för backarna är i huvudsak PE.

Totalbehovet av transport- och lagerlådor är svårt att överblicka, men tydligen rör det sig om 10—20 milj. Enbart på bryggerisidan är enligt en konservativ beräkning 3 milj. lådor i användning. Följande fabriker har för närvande tillräckligt stor maskinkapacitet för att kunna framställa dylika backar:

Oy Fiskars Ab	Ekenäs
Industrial Plast Ltd Oy	Åbo
Oy Plastex Ab	Lojo
Sarvis Oy	Tammerfors
Satamuovi Oy	Luvia
Upo Osakeyhtiö	Lahti

Den teoretiska kapaciteten är förhållandevis god, då en maskin i treskiftesgång kan köra c. 200 000 lådor per år. Som nämndes är övergången närmast en investeringsfråga. Vissa försök att kombinera plast och trä också på backområdet pågår, t.ex. på så sätt, att ett lådskelett pressas i plast men förstärks med virke. Någon uppenbar fördel vinner man knappast härigenom, och i framtiden kommer virke som lådmaterial att kvarstå endast vid packning av stora artiklar som maskiner o.d. Också här kan å andra sidan plastskivorna komma att konkurrera ut virket.

Revolutionen på båtbyggnadsområdet tog sin början i USA redan på 1940-talet, men utvecklingen i Europa kom inte i gång på allvar förrän under detta årtionde. Nämnas kan, att på den internationella båtutställningen år 1962 var endast 6 % av båtarna byggda av plast, medan motsvarande tal år 1965 redan överskred 50 % (Mv 1965 s. 40). På de senaste båtutställningarna i Finland har över 90 % varit plast. Det råmaterial, som i huvudsak användes, är glasfiberförstärkt polyester. Byggandet försigår på så sätt, att önskad form lagervis bekläds med glasfiber som besprutas med omättad

polyester. Detta upprepas, tills önskad tjocklek har uppnåtts. Olika glasfibermattor användes i de olika lagren, allt som allt blir glasfiberns andel ungefär 30 % av båtens vikt.

Byggandet av plastbåtar var ursprungligen begränsat till små modeller. Framställningstekniken har dock undan för undan förbättrats, och redan för något år sedan bestämde de engelska flottmyndigheterna, att alla båtar upp till 20 fots längd skulle byggas av plast. Den konstruktionsekonomiska längden ansågs ligga vid 80 fot. Nu förefaller emellertid storleksbarriären för plastbyggen att slutligen ha sprängts genom en teknik utvecklad i England (BP 1967 jan. s. 106). Enligt denna metod kan skepp på 1 000 ton byggas och ett 600 tons fartyg har de fakto redan konstruerats.

Också i Finland har utvecklingen på området varit mycket snabb. Början gjordes år 1955, då Åbo Båtvarv begynte experimentbygga plastbåtar. Detta företag har också sedermera utvecklats till det överlägset största med en serieproduktion på över 600 båtar per år. Ett stort antal andra företag har också trängt in på området. Det är följaktligen inte lätt att få en klar överblick av produktionskapaciteten. Följande företag torde dock täcka de mera betydande:

Artekno Oy	Tammerfors
Finmar-Pemar Ky	Nådendal
Oy Laivateollisuus Ab	Åbo
Oy Latextil Ab	Gamlakarleby
Rakennusmuovi Oy	Lahti
Oy Suomen Monark — Finska Monark Ab	Gamlakarleby
Teksoglass Oy	Tavastehus
Turun Veneveistämö Oy — Åbo Båtvarv Ab	Åbo
UK-Muovi Ky	Lahti

Förhållandet mellan plast- och träbåtar har enligt industristatistiken under 1960-talet varit följande.

Tabell 23. Produktionen av plast- och träbåtar i Finland 1960—65.
Table 23. Production of plastic and wooden boats in Finland 1960—65.

	Plastbåtar *Plastic boats*	Träbåtar *Wooden boats*	Summa *Total*	Plastbåtar i % av hela antalet *Plastic boats in % of total*
1960	—	994	994	—
1961	—	1 112	1 112	—
1962	134	1 455	1 589	8.4
1963	144	1 464	1 608	9.0
1964	1 482	3 638	5 120	28.9
1965	2 892	2 852	5 744	50.3

Den stora produktionsökningen mellan 1963 och 64 beror delvis på bättre statistiskt material. Utanför industristatistiken blir alla företag med mindre

än 5 anställda, varför dessa siffror inte representerar hela produktionen. Klart framgår dock, att plastbåtarna med god fart distanserar träbåtarna.

Ytterligare kan en tydlig undanträngning av virke påvisas inom t.ex. följande områden:

Leksaker	Klädnypor
Sportredskap	Brickor
Bobiner	Trådrullar
Hushållsartiklar	Skaft för verktyg
Tunnor och träkärl	Sjömärken
Klädhängare	

En noggrann analys av dessa områden är utomordenligt svår att utföra, då produktionen är spridd över ett för stort antal producenter. För att dock ge en bild av storleksordningen av virkesåtgången har följande tabell sammanställts, som i industristatistiken omfattar grupperna 2514 lådämnes- och lådfabriker, 2524 trådrulls- och bobinfabriker, 2532 svarverier samt läst- och träskaftsfabriker, 2533 träkärlsfabriker och tunnbinderier, 2539 övrig vidareförädling av trävaror.

Tabell 24. Åtgången av virke inom diverse områden i 1 000 m³.
Table 24. Consumption of timber within various fields in 1 000 m³.

1955	190	1962	111
1960	174	1963	112
1961	126	1964	89

Som framgår kan en tydlig minskning av virkesåtgången konstateras, trots att de totala produktionssiffrorna av dessa artiklar under motsvarande tid säkerligen har ökat betydligt.

Som av analysen av plastimporten redan framgick, använder också färgindustrin plaster, under 1966 importerades för detta ändamål över 10 000 ton. Nämnas kan polyacrylat-, vinyl reaktions-, polyester-, polyuretan och alkylfärger. Det är tydligt, att plastfärgerna är överlägsna tidigare använda material, och behovet kommer att växa betydligt. Något direkt sammanband med virkeskonsumtionen kan knappast påvisas. På sin höjd kan man anse att virket tack vare bättre färgskydd håller längre.

4. UTVECKLINGEN AV DEN VIRKESBUNDNA PLASTINDUSTRIN I FINLAND ÅREN 1960—67

41. Totalåtgången av virkesbunden plast

411. Förpackningsområdet

Åtgången av plastråvara inom pappers- och kartongindustrin är, som av tabell 15 s. 42 framgick, tillsvidare koncentrerad på endast 4 fabriker (plastlimmen obeaktade). På basen av insamlat material har utvecklingen under detta decennium varit följande.

Tabell 25. Åtgången av plastråmaterial vid pappers- och kartongfabrikerna i Finland 1960—67 i ton.
Table 25. Consumption of plastic raw materials in paper and paperboard factories in Finland 1960—67 in tons.

		Ökning i % *Increase in %*
1960	250	
1961	500	100.0
1962	650	30.0
1963	850	30.8
1964	1 960	131.6
1965	4 670	138.3
1966	9 020	93.1
1967	13 000	44.1

Utvecklingen har skett språngvis ofta med över 100 %:iga ökningar årligen. Använt plastmaterial har i huvudsak varit PE, om också på senare tid en markant ökning av akryl- och butadienstyrenlatekserna kunnat konstateras (jfr W a k k o l a 1966 s. 52). Små mängder PVDC har också kommit till användning. Ovanstående visar plaståtgången för kombinationsprodukter. För att få en fullständig bild av huru långt plasten trängt in på detta område bör också framställningen av plastfolie i synnerhet för säck- och påstillverkning beaktas. Råvaruförbrukningen visar omstående siffror.

Säteri Oy:s produktion av cellofan har inte betraktats som plastfolie (jfr R å n b y 1966 a s. 2). Också inom detta område är PE det förhärskande materialet, men mindre kvantiteter av cellulosa- propen- och vinylidenplast har använts. Enligt uppgift från de olika producenterna kan man räkna med att 65 % av folieproduktionen användes av förpackningsindus-

Tabell 26. Åtgången av plastråmaterial vid framställningen av folie i Finland 1960—67 i ton.
Table 26. Consumption of plastic raw materials in foil production in Finland 1960—67 in tons.

		Ökning i % *Increase in %*
1960	550	
1961	700	27.3
1962	950	35.7
1963	1 330	46.0
1964	2 140	60.9
1965	3 690	72.4
1966	8 080	119.0
1967	10 980	35.9

trin. Detta förefaller att väl överensstämma med motsvarande utländska beräkningar (jfr t.ex. L e f è v r e ... 1964 s. 706). Av resterande kvantitet beräknas 20 % konkurrera med textil- och metallindustrin, varför tydligen ytterligare 14 % kan räknas till de virkesbundna plastkvantiteterna på andra områden, främst byggnadsindustrin. De plastmängder, som på ett eller annat sätt är virkesbundna, utgör alltså i rund tal 80 % av ovanstående siffror.

Framställt grafiskt får man följande kurvor för utvecklingen inom dessa områden (fig. 2 s. 62).

Som av kurvorna framgår, har den konkurrerande och samarbetande plastandelen följts åt fram till 1964. Efter detta år har emellertid den samarbetande andelen vuxit betydligt snabbare, vilken utveckling accentueras för varje efterföljande år. I själva verket kan förhållandet mellan konkurrerande och samarbetande andelar inte exakt bestämmas, då t.ex. på foliesidan användning inom bägge områdena förekommer. Totalkvantiteten virkesbunden plast har nu nått i det närmaste 22 000 ton. Som synes är tillväxttakten under senaste år betydande.

Om man jämför använda plastkvantiteter med produktionen av papper och kartong i Finland under motsvarande år, erhålles ett uttryck för hur förhållandet mellan dessa material har utvecklat sig. Då tillsvidare ingen nämnvärd konkurrens mellan plast och tidningspapper förekommer, har jämförelsen gjorts såväl med som utan denna pappersgrupp (tabell 27).

Någon skrämmande infiltrering av plast framgår ännu inte, då plastandelen sättes i relation till hela produktionen, men signifikativt är, att ett dylikt förhållande överhuvudtaget vuxit fram under innevarande decennium. I själva verket är plastandelen betydelsefullare än vad en viktjämförelse anger. En plastsäck väger mindre än motsvarande papperssäck, och en laminerad plastandels värde i virkesfiber är omöjlig att mäta, då den ofta överhuvudtaget inte kan ersättas av papper eller kartong ens i övertjocka dimensioner.

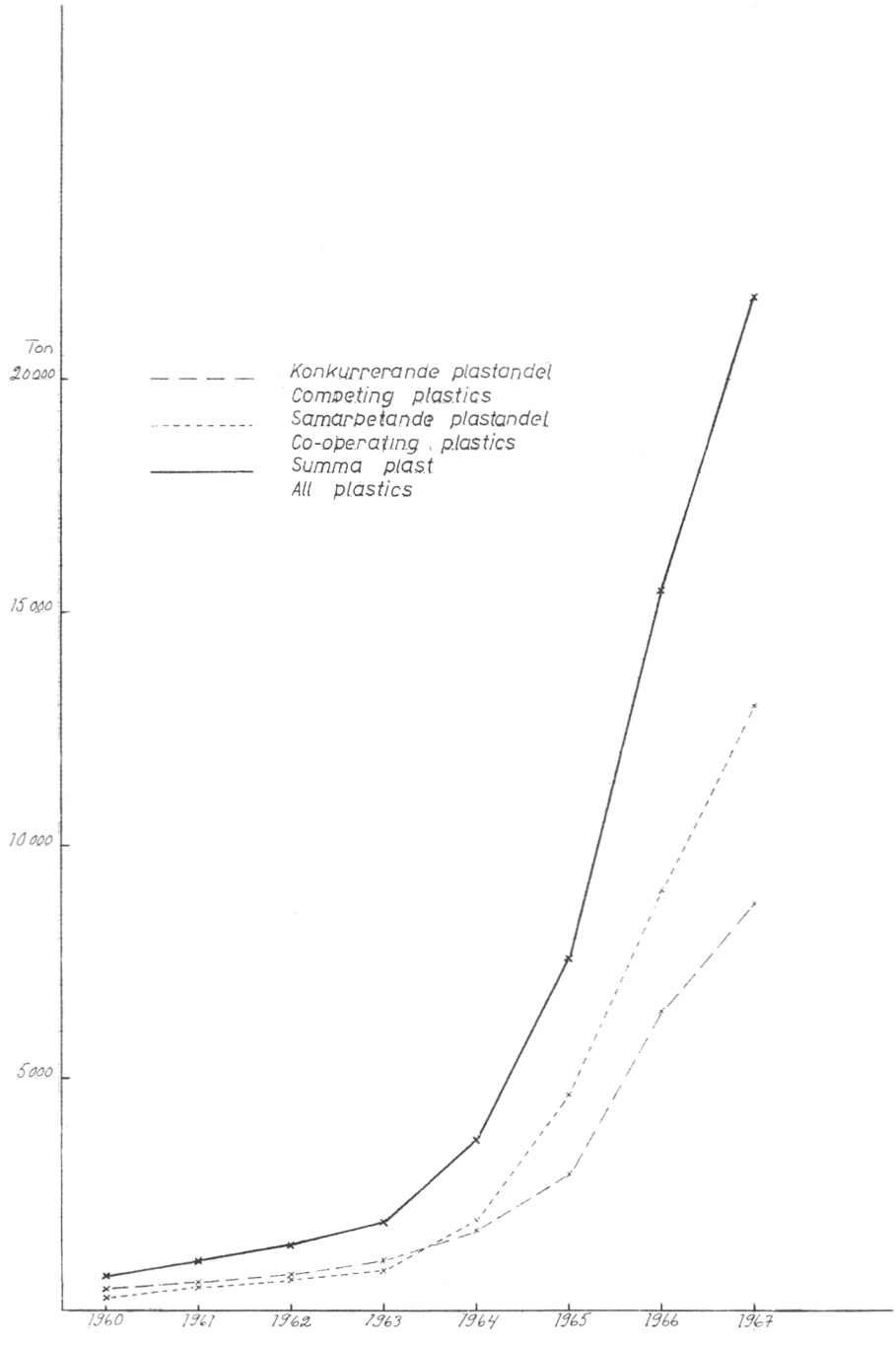


Fig. 2. Virkesbunden plast inom pappers- och kartongområdet i Finland 1960—67 i ton.
Fig. 2. Timber-tied plastics in paper and paperboard field in Finland 1960—67 in tons.

Tabell 27. Den virkesbundna plastandelen vid pappers- och kartongproduktionen i Finland i 1 000 ton och % av produktionen.
Table 27. Proportion of timber-tied plastics in paper and paperboard production in Finland in 1 000 tons and % of production.

	Produktionen av papper och kartong 1 000 ton *Production of paper and paperboard 1 000 tons*		Plastandel 1 000 ton *Proportion of plastics 1 000 tons*	% av hela produktionen *% of total production*	% utan tidningspapper *% without newsprint*
	totalt *total*	utan tidningspapper *without newsprint*			
1960	1 970	1 196	0.7	0.04	0.06
1961	2 387	1 432	1.1	0.05	0.08
1962	2 515	1 549	1.4	0.05	0.09
1963	2 738	1 761	1.9	0.07	0.11
1964	2 979	1 900	3.7	0.12	0.19
1965	3 205	1 992	7.6	0.24	0.38
1966	3 400	2 100	15.5	0.46	0.74
1967	3 600	2 200	21.8	0.61	0.95

412. Byggnads- och snickeriområdet

Inom byggnads- och snickeriindustrin är den mest betydande åtgången av plast bunden vid skivprodukterna. Situationen är på detta område betydligt mer komplicerad, då ett stort antal olika plaster kommer till användning både som laminat, som rena plastskivor och som limämnen. Om vi lämnar plastlimmen obeaktade visar den kvantitativa utvecklingen följande siffror.

Tabell 28. Åtgången av plastråmaterial vid framställningen av skivprodukter i Finland 1960—67 i ton.
Table 28. Consumption of plastic raw materials in production of sheet products in Finland 1960—67 in tons.

	Laminatskivor *Laminated sheets*	Plastskivor *Plastic sheets*	Cellplastsskivor (utom styv uretan) *Cellular plastic sheets (exept rigid urethan)*	Summa *Total*
1960	245	3 720	310	4 275
1961	240	4 340	390	4 970
1962	525	5 010	750	6 285
1963	860	5 400	1 390	7 650
1964	1 320	6 500	1 840	9 660
1965	2 060	7 740	2 650	12 450
1966	2 565	8 790	3 030	14 385
1967	3 150	10 200	4 000	17 350

På laminatskivornas område är karbamid- och melaminplast samt polyester de vanligaste råmaterialen medan de egentliga plastskivorna domineras av PVC. Laminatskivornas användningsområde kan i sin helhet betraktas som virkesbundet på ett eller annat sätt, men av de egentliga plastskivorna framställes mindre kvantiteter, som användes för kylskåp och

andra artiklar utan egentligt samband med virkesprodukter. Dylika skivors andel överstiger knappast 10 % av totalkvantiteten. Vid beräkningen av råvaruåtgången för cellplast har styv uretanskumplast lämnats helt obeaktad, då denna produkt tillsvidare inte är virkesbunden. Totalkvantiteten på detta område rör sig om 400 ton årligen. Beträffande åtgången för mjuk uretanskumplast måste också beaktas, att en del av produktionen går till madrasser o.d. På basen av insamlat material har denna andel beräknats till 40 %. Å andra sidan är de virkesbundna cellplastskivornas volymbetydelse flere gånger större än vad vikten anger. Då ett slutligt ställningstagande till hur mycket virke cellplasten motsvarar blir en tolkningsfråga, har vi nöjt oss med att använda de ursprungliga viktsiffrorna.

En jämförelse av hela plastandelen med den totala produktionen av träfiberskivor ger då följande bild.

Tabell 29. Den virkesbundna plastandelen vid skivproduktionen i Finland i 1 000 ton och % av produktionen.
Table 29. Proportion of timber-tied plastics in production of sheets in Finland in 1 000 tons and % of production.

	Träfiberskivor 1 000 ton *Wood-fibre sheets 1 000 tons*	Plastandel 1 000 ton *Proportion of plastics 1 000 tons*	% av skivproduktionen *% of sheet production*
1960	536	4.3	0.80
1961	564	5.0	0.87
1962	596	6.3	1.06
1963	640	7.7	1.20
1964	690	9.7	1.41
1965	752	12.4	1.65
1966	718	14.4	2.01
1967	750	17.3	2.31

Plastens relativa betydelse på skivområdet är mer än dubbelt så stor som på pappers- och kartongsidan. Om ytterligare plastlimmen beaktas, stiger plastens andel till mellan 8 och 9 %. Plastlimmens andel har ökat från 2.6 % år 1960 till 6.5 % år 1966.

På profilområdet har följande råvarumängder förbrukats.

Tabell 30. Åtgången av plastråmaterial vid framställningen av profiler i Finland 1960—67 i ton.
Table 30. Consumption of plastic raw materials in production of profiles in Finland 1960—67 in tons.

	Profiler *Profiles*	Ökning i % *Increase in %*
1960	194	
1961	247	27.3
1962	283	14.6
1963	350	23.7
1964	462	32.0
1965	461	—0.2
1966	500	8.5
1967	610	22.0

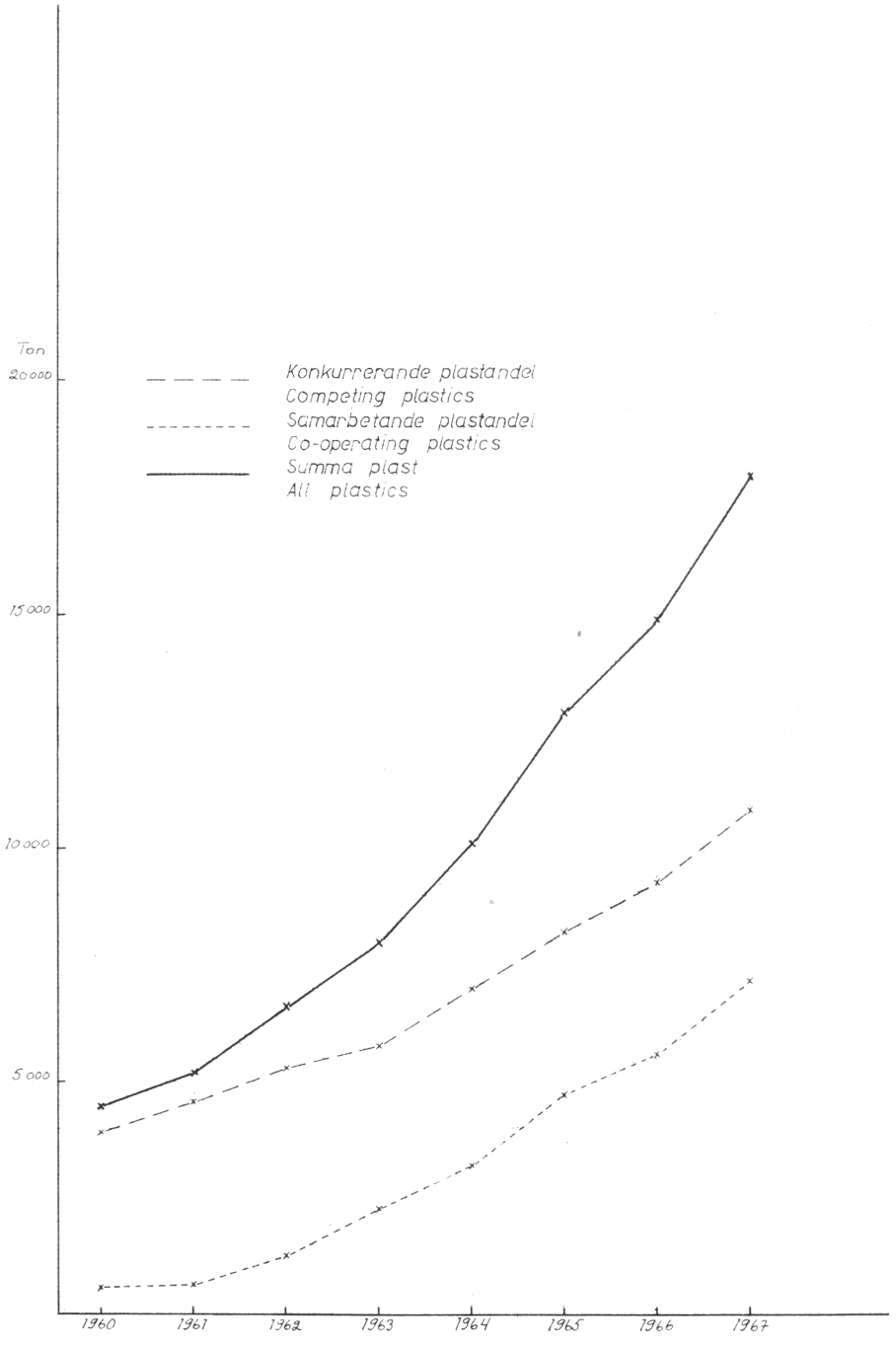


Fig. 3. Virkesbunden plast inom byggnads- och snickeriområdet i Finland 1960—67 i ton.
Fig. 3. Timber-tied plastics in construction field in Finland 1960—67 in tons.

Åtgången på detta område är förhållandevis obetydlig och ser inte ut att expandera lika kraftigt som inom tidigare gebit. Som redan framhållits, är profilerna i många fall rent virkeskonkurrerande och ersätter sågat virke. Någon jämförelse på viktbasis mellan totalkvantiteten sågvaror och använda plastkvantiteter lönar sig dock inte att utföra, då infiltreringen tillsvidare är av storleksordningen 0.0003 %.

På möbelindustrisidan förekommer mindre virkesbundna plastkvantiteter, som ännu inte beaktats. Detta gäller främst åtgången av plast vid sprutpressning av hela möbler. Detta förfarande är dock sällsynt i Finland.

En direkt beräkning av huru mycket virke plasten ersätter inom byggnads- och snickeribranschen kan knappast utföras med godtagbar exaktthet. En dylik beräkning försvåras inte minst av materialens olika volymvikt och användningskvantitet. T.ex. en 1 1/2″ trälist ersättes kanske av en 8 mm tjock plastprofil. Likaså finns ett stort område, där plast och trä i kombinationsprodukter lyckats skapa ökad avsättning. Detta gäller i synnerhet skivor och sandwichkonstruktioner. Den grafiska framställningen (Fig. 3) ger dock en bild av den kvantitativa utvecklingen på området under detta decennium och av förhållandet mellan samarbetande och konkurrerande andelar. Som konkurrerande andel har räknats de egentliga plastskivorna och profilerna. Av kurvorna framgår, att den samarbetande andelen, som i början på 1960-talet var obetydlig, under en följd av år vuxit snabbare än den konkurrerande andelen. Sedermera har en utjämning skett, och utvecklingen förefaller nu att fortlöpa någorlunda jämnt. Totalåtgången närmar sig 20 000 ton, d.v.s. i det närmaste lika mycket som på pappers- och kartongsidan, men tillväxthastigheten är betydligt långsammare.

413. Sekundära områden och analys enligt råvaruslag

För att fullständiga bilden av den virkesbundna plastråvaruåtgången berörs ännu de sekundära områdena i korthet. Behovet för transport- och lagerbackar samt på båtbyggnadssidan har varit följande.

Tabell 31. Åtgången av plastråmaterial vid framställningen av backar och båtar i Finland 1960—67 i ton.
Table 31. Consumption of plastic raw materials in production of crates and boats in Finland 1960—67 in tons.

	Plastbackar och lådor *Plastic crates and containers*	Ökning i % *Increase in %*	Plastbåtar *Plastic boats*	Ökning i % *Increase in %*
1960	10		—	
1961	20	100.0	50	
1962	50	150.0	110	120.0
1963	80	60.0	150	36.4
1964	215	168.8	210	40.0
1965	290	34.9	270	28.6
1966	730	151.7	350	29.6
1967	950	30.1	400	14.3

Ytterligare har försök gjorts att med hjälp av den officiella industristatistiken uppskatta den plaströvarumängd, som använts för de å s. 59 nämnda sekundära produkterna. Tabellen nedan omfattar 8 dylika grupper, som alla kan anses konkurrera med virke.

Tabell 32. Åtgången av plaströmaterial vid framställningen av sekundära virkesbundna produkter i Finland 1960—67 i ton.
Table 32. Consumption of plastic raw materials in production of secondary timber-tied products in Finland 1960—67 in tons.

	Diverse produkter *Various products*	Ökning i % *Increase in %*
1960	810	
1961	870	7.4
1962	1 420	63.2
1963	1 010	—28.9
1964	1 260	24.8
1965	1 300	3.2

Då siffror för de senaste åren ännu inte finns tillgängliga och någon säker tendens inte kan utläsas, har en rund summa på 1 300 ton per år använts vid de fortsatta uträkningarna. Vilket råmaterial, som förbrukats, framgår inte heller av statistiken. Med ledning av produkturvalet har följande schematiska indelning gjorts: PE 50 %, PS 40 % och PVC 10 %.

Här analyserade områden täcker i huvudsak de plastmängder, som använts i konkurrens eller samarbete med virke. Om man sammanslår samtliga grupper och i stället särskiljer de olika råvaruslagen erhålles följande siffror.

Tabell 33. Åtgången av virkesbunden plast i Finland enligt råvaruslag 1960—67 i ton.
Table 33. Consumption of timber-tied plastics in Finland according to type of raw material 1960—67 in tons.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
PE — *PE*	990	1 330	1 870	2 460	4 510	8 780	17 860	24 590
PVC — *PVC*	1 060	1 290	1 460	1 630	2 030	2 370	2 830	3 490
PS — *PS*	280	300	440	600	930	940	1 550	1 940
UP — *UP*	—	50	110	150	210	360	450	510
PUR, mjuk — *PUR, soft*	170	250	510	1 030	1 370	2 200	2 130	2 680
Akryl — *Acrylic*	60	80	120	170	210	280	340	500
Diverse grupper — *Various groups*	3 530	4 160	5 240	5 380	6 650	8 200	9 210	10 880
Summa — *Total*	6 090	7 460	9 750	11 420	15 910	23 130	34 370	44 590

Som framgår är den viktigaste gruppen numera PE, vars relativa betydelse vuxit från 15 till över 50 %. Det är också skäl att observera den snabba tillväxten av mjuk PUR. Den förhållandevis ringa åtgången av PVC beror

delvis på att alla tillsatsämnen avskilts och sammanförts i diverse gruppen. Om man jämför de årliga summorna av virkesbunden plast med siffrorna i tabell 4 s. 24 erhålles följande procenttal, som utvisar den virkesbundna plastens andel av råvaruimporten (utan plastlim):

1960	26.8 %	1964	40.4 %
1961	35.8 »	1965	47.9 »
1962	31.5 »	1966	54.6 »
1963	38.6 »		

Inte mindre än 55 % av den plastråvara, som importeras, användes alltså numera på områden, där plast- och virkesindustriernas intressen på ett eller annat sätt sammanstrålar.

Beträffande åtgången av plast, som inte är virkesbunden, kan i korthet följande framhållas. En synnerligen viktig grupp utgör plaströren, där emellertid ett konkurrensförhållande numera förekommer endast med metallrör. Ännu år 1950 var av 1560 km rörledningar i Finland 87 % trärör. Enligt den senaste undersökningen från 1965—66 är trärörens andel nu bara 12 % av 8 000 km ledning. Praktiskt tagen inga nyinstalleringar av trärör förekommer mera, endast enstaka överdimensionerade kloakledningar bygges ännu av trä. Konkurrensförhållandet mellan plast och virke har alltså i stort sett upphört.

Vid sidan om materialinsamligen för den virkesbundna plasten har följande siffror för råvaruåtgången vid rörframställningen framkommit:

1960	655 ton	1964	3 006 ton
1961	623 »	1965	4 539 »
1962	870 »	1966	6 192 »
1963	1 327 »	1967	7 410 »

Dessa uppgifter gör inte anspråk på att vara fullständiga, men torde dock ange storleksordningen. I motsats till förhållandet i de flesta andra länder har huvuddelen av använt råmaterial utgjorts av PE, först på senaste år har PVC-rör marknadsförts i mera betydande utsträckning. Till rörsidan kan ytterligare hänföras den plast, som åtgår för kabelbeläggning. Keinonen (1966 s. 27) anger siffran 4 100 ton PVC för år 1965 medan Harva (1966 s. 5) räknar med en årliga åtgång på 6 000 ton.

Som av importanalysen framgick, är behovet på färgindustrisidan betydande och uppgår numera till över 10 000 ton årligen. Stora råvarukvantiteter åtgår vidare för framställning av hinkar, baljor och diverse hushållsredskap. I samband med materialinsamligen har följande kvantiteter framkommit:

1960	922 ton	1964	2 207 ton
1961	1 114 »	1965	2 669 »
1962	1 460 »	1966	3 088 »
1963	1 797 »	1967	3 610 »

Också här är PE det huvudsakliga materialet, endast något över 10 % har utgjorts av PS.

Om man sammanslår PE kvantiteterna från alla områden och jämför med siffrorna i tabell 5 s. 25 framgår, att importen under en följd av år varit mindre än beräknad konsumtion. Som redan i inledningen framhölls, beror

detta i huvudsak på att PE förtullats under andra nomenklaturer. Mindre variationer kan naturligtvis också uppstå, då lagersituationen i landet vid årsskiftet inte beaktats.

Här redovisade råvarukvantiteter täcker 85 % av importen. Resterande andel fördelar sig på ett stort antal mindre viktiga områden utan nämnvärt intresse för denna undersökning.

5. FRAMTIDSPERSPEKTIV

51. Förbättring av plaströmaterialen och nya produkter

511. Sammanbindning med cellulosafiber och molekylära framsteg

Trots att plastprodukterna trängt in på många områden på bred front, har tillsvidare användningen begränsats av deras ringa värmebeständighet och förhållandevis mjuka yta och konsistens. En mängd plastmaterial tål inte ens kokande vatten och ett fåtal temperaturer upp till 300°C (jfr Pv 1965 s. 1010). Likaså har resistensen mot olika frätande ämnen varit osäker. Det är klart, att dessa egenskaper begränsat plastens användningsmöjligheter t.ex. i byggnadsindustrin. Plastkemiforskningen har emellertid oförtrutet arbetat vidare för att övervinna nackdelarna, och de senaste årens resultat tyder på en ny revolution inom området.

Utvecklingen avancerar längs följande huvudlinjer:

1. Ympning och annan sammanbindning av syntetiska polymer med cellulosa
2. Förändringar i polymerernas molekylära byggnad
3. Impregnering av virke med monomer

Genom ympning av syntetiska polymer till cellulosan förändras materialets egenskaper ofta förvånansvärt radikalt. Nya glasklara och elastiska plaster har framställts genom att med cellulosafibern förena billiga kolväten, vari placeras små mängder metacrylater, vilka bildat magnesiumsalter (jfr Enkvist 1966). Dylika forskningar bedrivs i alla stora industriländer, också i blygsam skala i Finland i Centrallaboratorium Ab:s regi. I Japan, där man hunnit längst på detta område, har dock försöken utvisat, att metoden åtminstone med nuvarande teknik ställer sig för dyr i praktisk skala. Den försöksdrift, som där igångsattes, har enligt uppgift lagts ner. Forskningen på detta område fortsätter dock både i Japan och Sovjet på bred front och kan väntas leda till nya tekniskt förmånliga cellulosaderivat.

En lovande framtid förutspås de experiment, vilka gjorts att omsluta varje fiber med plast som sedan sammansmältes till plastpapperstyger (jfr Herman-Dunlop 1965). I fråga om vanliga textiltyger, vävda eller stickade, är produktionsförfarandet långsamt. Tillverkningshastigheten överskrider knappast 10 cm/min. Pappersmaskiner däremot producerar med

hastigheter upp till 800 m/min. eller mera. Inom textilindustrin har redan någon tid det fiberflor, som kardmaskinerna producerar, sammanbundits med dispersioner av plasttyp. Dylika fiberflortyger kan tillverkas ungefär 100 gånger snabbare än genom vävning. Som råmaterial användes bomull, rayon eller annan syntesfiber. De liknande produkter, som pappersindustrin begynt framställa, utgår däremot från sulfit- eller sulfatmassa. På pappersmaskinerna beredes tunna ark, som impregneras med lämplig plast, vanligen PE. Tillverkningshastigheten av dessa papperstyg rör sig om 40—50 m/min.

I USA har dylika produkter redan ett tiotal år marknadsförts och användes på en rad områden, där artiklar av typ »slit och släng» är önskvärda. Tydligt är, att pappers- och textilindustrins intressen kommer att skära sig inom detta produktområde. I USA har man redan dragit konsekvenserna härav, och landets största pappersbolag och näststörsta textilfabrik har tillsammans bildat ett gemensamt bolag (Kimberley-Stevens Ltd).

Också i Sverige synes utvecklingen redan ha hunnit långt. Åtminstone tvenne företag (Mo och Domsjö Ab samt Billingsfors-Långed Ab) har passerat experimentstadiet, och dylika produkter kommer att saluföras under år 1967. Prismässigt borde plastpapperstygen ställa sig ännu billigare än fiberflortygen, då åtminstone råmaterialet på papperssidan är billigare. Meningen är, att produkterna skall kunna konkurrera med tvättkostnaderna för vanliga textilier. Användningsområdet är vidsträckt. Nämnas kan gardiner, borddukar, skyddsrockar, klänningar m.m. Bland materialets fördelar kan framhållas, att det kan värmesvetsas på samma sätt som vanlig plastfolie.

I Finland är framställningen av plasttyger betydande men papperstygen har ännu inte nått över experimentstadiet. Endast Suomen Vanutehdas Oy — Finnwad Ltd i Jokela har redan några år salufört lakan producerade av rayon och polyakrylat. Plastandelen har utgjort mellan 5—15 % av vikten beroende på kvaliten och den årliga användningen av plast har stigit till 200—300 ton. Produkten har i synnerhet på den inhemska marknaden slagit igenom på sjukhusområdet. Under år 1967 har emellertid export av dessa produkter upparbetats, vilket ser ut att mångdubbla produktionssiffrorna. Allting talar för att vi här har ett viktigt framtida område, som kommer att öka såväl konsumtionen av plast som av cellulosafiber.

Förbättringen av plastens värmebeständighet strävar man att uppnå genom molekylära strukturförändringar. En del helt nya idéer är här under utveckling. Tidigare försök att förbättra värmeegenskaperna har gjorts enligt idén att förlänga molekylkedjorna och ordna tvärbindningar. Numera eftersträvas att ersätta molekylkedjorna med atomringar. Man har redan framställt s.k. aromatisk nylonfiber, vars smältpunkt ligger på 420° C. Om man helt lyckas komma ifrån enkla sammanbindningar, där alltså kedjorna genomgående är uppbyggda av aromatiska ringar, stiger värmehållfastheten till 800° (jfr MP 1966 maj s. 217). Dylika produkter kan framställas av bl.a. fenyl-

enidiamin och pyromelitsyra, som fås av stenkolstjärans antracen. Också barrträdens lignin duger som utgångsmaterial, om också utbytet är ringa.

Ännu högre värmehållfasthet har uppnåtts genom att på katalysatorisk väg utgående från kolvätet butan via butadien skapa långa bensensexringkedjor, en sorts fibergrafit. Detta material tål temperaturer på 2 500° och kan vävas till tyg. Genom att mätta materialet med vanlig fenoplast och härda blandningen i ugn, erhålles ett synnerligen starkt och eldfast material. Detta har bl.a. använts i rymdraketernas förbränningsrör.

Dessa nya utvecklingslinjer är i huvudsak på laboratoriestadium och frågan är, huru lång tid det kommer att åtgå, innan dylika produkter blir tillgängliga för konsumtion. Tydligt är, att denna plast i stor utsträckning kommer att ersätta metallindustrins produkter. Likaså kan man vänta sig ett stort genombrott inom byggnadssektorn. Enkvist (1966 s. 17) förutspår en betydande produktion efter 5 år och en ny revolution för plastprodukter inom 10 år. Denna åsikt är tydligen utbredd i USA.

Om man försöker dra konklusioner av tidigare upptäckter, ligger en jämförelse med PE närmast till hands. Detta material framställdes första gången i laboratorieskala år 1933, och 1939 startade produktionen i fabriksomfång. Först 25 år senare har produkten slagit igenom och erövrat den kanske viktigaste platsen. Framhållas bör dock, att det nya materialet under krigsåren hölls hemligt, varför produktionen kunde påbörjas på allvar först mot slutet av 1940-talet. Likaså accelererar utan tvivel utvecklingstakten fortsättningsvis. Trots detta förefaller det föga troligt, att vi i Finland kommer att kunna räkna med dessa nya material inom de närmaste 10 åren. Mot slutet av 1970-talet kan däremot förutsättas, att i synnerhet eldfasta byggnadsskivor blir en viktig produkt.

512. Plastvirke

Plastimpregnering av virke förekom redan på 1930-talet (jfr Jalava 1952 s. 316), men den egentliga utvecklingen började år 1958, då USA och Sovjet samtidigt offentliggjorde arbeten på detta område. Förfarandet har utvecklats enligt två huvudlinjer, dels med kemikalier som katalysatorer, dels med hjälp av bestrålning. Vid framställningsprocessen kan man skilja mellan följande tre faser.

1. Val av virke och förbehandling (torkning, sågning o.d.)
2. Virkets impregnering med monomer
3. Polymerisering med katalysator eller bestrålning

Impregneringen med monomer sker på samma sätt som vid olika skyddsbehandlingar mot röta. Tillsatsen av monomer sker först i vakuum, varefter följer efterbehandling vid normalt tryck eller vid övertryck. Vid bestrålnings-

metoden placeras det impregnerade trästycket i en strålningskammare, där det utsätts för gammastrålning. Monomerens molekyler börjar härvid bilda kedjor, och som slutprodukt uppstår ett polymerisat av termo- eller härdplasttyp beroende på utgångsmaterialet.

Avgörandet för resultatet är vilken plasttyp som användes. De vanligaste och tillsvidare bäst undersökta är enligt M i e t t i n e n (1967 s. 4) följande.

Tabell 34. Viktiga monomer använda vid framställning av plastvirke.
Table 34. Important monomers used for production of wood plastic composite.

Monomer *Monomer*	Polymeriserings-värme Kcal/kg *Polymerization heat Kcal/kg*	Ungefärligt pris mk/kg *Approximate price mk/kg*
Metylmetacrylat — *Methylmethacrylate*	130	1.50
Vinylacetat — *Vinyl acetate*	250	1.00
Styren — *Styrene*	270	0.72
Styren-acrylnitrilblandning 40/60 % — *Styrene-acrylicnitrile compound*	228	0.90
Acrylnitril — *Acrylic nitrile*	165	1.10
Vinylklorid — *Vinyl chloride*	270	0.58
Polyester + 35 % styren — *Polyester + 35 % styrene*	80—100	1.10

MMA har ett flertal fördelar, bl.a. låg värmeutveckling vid polymeriseringen, men tyvärr på minussidan det förhållandevis höga priset. Beträffande de olika plasternas egenskaper hänvisas för övrigt till tidigare kapitel. M i e t t i n e n har fått lovande resultat vid försök med blandning av polyester och styren (40—50 %) då polyesterns höga viskositet sjunker. Dessa försök är dock ännu ofullständiga. I USA har vinylkloriden gett lovande resultat, men ämnet är svårt att handskas med, då det vid rumstemperatur är i gasform och övergår i fast form först vid —14°C.

Avgörande på kvaliteten inverkar ytterligare plastandelen. Denna bör tydligen vara minst 30—40 % av virkets vikt för att ge märkbart förbättrade egenskaper. Över 100 %:ig impregnering förbättrar inte egenskaperna ytterligare.

Enligt M i e t t i n e n — A u t i o (1966 s. 588) har strålningspolymeriseringen uppenbara tekniska fördelar framom kemikaliekatalysatorer. För att få i gång den sistnämnda formen fordras acceleratorer eller förhöjda temperaturer, vilket medför brand- och explosionsrisker. Vid strålningspolymerisering har temperaturen ringa betydelse, den inverkar endast på molekylstorleken. Polymeriseringsprocessen frigör i sig själv jämförelsevis stora värmemängder. Trävirket kan visserligen utan större skador kortvarigt tåla c. 200°C, men vid avsvalningen uppstår lätt värmespänningar, som ger upphov till sprickor. Temperaturen borde inte få stiga över 130°C för att ge en god slutprodukt, och detta har varit den största svårigheten vid den kemiska processen. Av omstående bild framgår skillnaden mellan kemisk- och

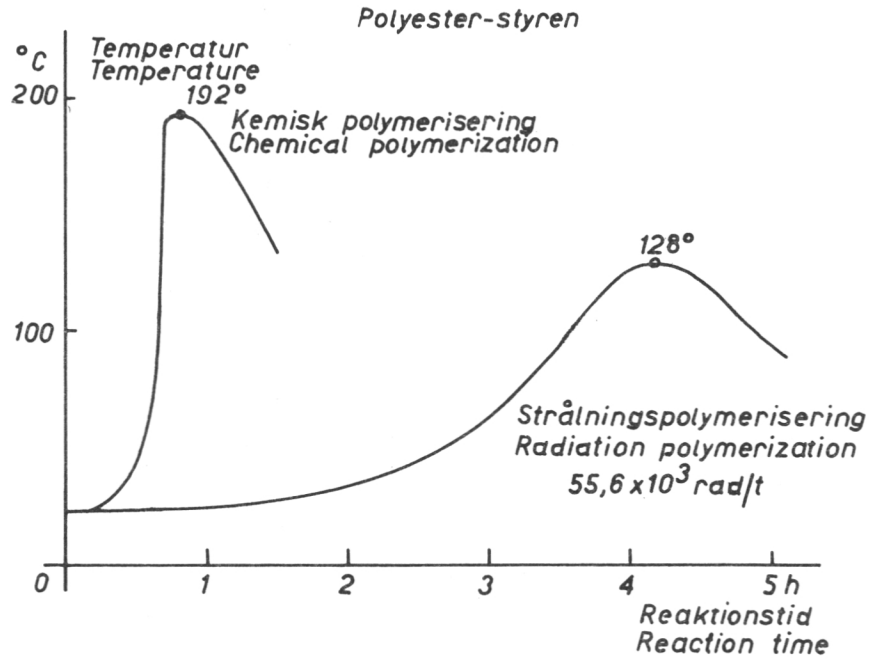


Fig. 4. Kemisk- och strålningspolymerisering av plastvirke som faktorer av temperatur och reaktionstid.
Fig. 4. Chemical and radiation polymerization of wood plastic composite as factors of temperature and reaction time.

strålningspolymerisering som faktorer av temperatur- och reaktionstid (Miettinen-Autio 1966 s. 588).

Som av bilden framgår sker polymeriseringen vid bestrålningsprocessen mycket lugnare, men den nödiga reaktionstiden är också mångdubbel. För att reaktionen överhuvudtaget skall komma i gång på allvar enligt bestrålningsförfarandet, måste luftens syre avlägsnas t.ex. genom sköljning med kväve eller koldioxid. Vid de försök, som gjorts vid Radiokemiska Institutionen i Helsingfors, har doseffekten varierat mellan 10—75 Krad/h vid rumstemperatur. Den totala stråldosen har då utgjort mellan 1—2 Mrad. Maximidimensionerna för virke, som kan behandlas med denna strålningskälla, utgör: längd 3 m, höjd 2 m och tjocklek 1 m, vilket väl torde räcka för de flesta ändamål. Vid de prov, som utförts, har i huvudsak björk, al, tall och gran kommit till användning. De bästa resultaten har uppnåtts med björk, de sämsta med gran. Barrträdens ytved impregneras någorlunda tillfredsställande men kärnveden endast obetydligt.

Katalysatorförfarandet har i Finland utexperimenterats av T a m m e l a vid Neste Oy. Enligt uppgift (T a m m e l a 1967 s. 48) har man lyckats

övervinna brandfaran genom alltför stor reaktionshastighet. Som monomer kan användas styren till det fördelaktiga priset av c. 70 p/kg. Katalysatorer och andra tilläggsmaterial höjer dock priset till 1.0—1.3 mk/kg beroende på önskad kvalitet på slutprodukten. Vid proven har de inhemska virkesslagen använts, och björk ger också i detta fall bästa resultat. Även al och rönn förefaller att lämpa sig väl, medan däremot barrträden ger mycket ojämnare utbyte.

Någon skillnad i slutproduktens egenskaper beroende på använd metod kan inte påvisas. Följande ungefärliga värdeförbättringar erhålles som resultat. För mera detaljerade uppgifter hänvisas till Miettinen (1967).

Hårdheten ökar 5—7 gånger
Tryckhållfastheten fördubblas
Draghållfastheten fördubblas nästan
Slaghållfastheten stiger 20 %
Vattenuppsugningen är endast 10—30 % jämfört med obehandlat virke
Produkten »lever» obetydligt

Huru mycket hårdheten ökar är beroende av det ursprungliga virkets egenskaper. Hårda träslag ökar inte nämnvärt, men t.ex. gran uppnår ekens hårdhetsgrad. Produkten brinner normalt, om inte starkt klorhaltig plast användes. Någon radioaktivitet kvarblir inte i virket på grund av bestrålningen, utan produkten kan omedelbart användas.

Rent allmänt har plastvirke bättre egenskaper mot slitage, vridning, kemikalier och mot vädrets inverkan. Dessutom behövs inget särskilt skydd mot röta, mögling och insektskador. Volymvikten ökar så pass mycket, att plastvirke är tyngre än vatten. Ytan är synnerligen hållfast och elegant i synnerhet som slipad, då den påminner om ädelträ. Naturfärgen bevaras inte alltid, men önskad färg kan erhållas genom tillsats av färgämnen i monomeren. Produkten är lätt att limma och bearbeta enligt gängse snickerimetoder, men för spikar och skruvar måste hål borras.

Egenskaperna ger åtminstone följande lämpliga användningsmöjligheter:

1. Byggnadstillbehör (parkettgolv, karmar, dörrar, ledstänger, trappor, bänkar)
2. Möbler och inredningsartiklar (bordsskivor, stolsitsar, paneler m.m.)
3. Idrottsredskap (tennisracketar, gevärskolvar, golfklubbor, skidor, kälkar)
4. Specialprodukter (verktygshandtag, gjutformar, läster)

Alltså områden, där materialets egenskaper förutsätter såväl hållfasthet som formstabilitet.

Frågan om plastvirkets framtid är i första hand beroende av produktens pris. Uppenbart, är att den kemiska metoden ställer sig betydligt billigare i grundkostnader än bestrålningsmetoden. I USA arbetar emellertid åtminstone tvenne försöksfabriker (The American Novawood Co i Virginia och Lockheed Georgia Co i Georgia) enligt den sistnämnda metoden och ytter-

ligare 4 företag är under byggnad. Plastandelen är PMMA och utgör c. 40 % av produktens vikt. Utförsäljningspriset har varit mk 2.50/kg beroende i någon mån på virkesslag. Fabrikernas årsproduktion har legat på c. 500 ton.

Om man jämför med de kostnadsberäkningar för en fabrik i full skala (årsproduktion 12 000 ton) som föreligger, förefaller priset mk 2.50 inte att innefatta någon vinstmarginal och alltså närmast att betrakta som någotsorts introduceringspris. Grundkostnaderna för en fabrik, som använder MMA-plast, är följande enligt i USA gjorda beräkningar:

Fabrikens byggnadskostnader	mk 3 710 000
Co-60-källa 1.28 MCi	» 2 260 000
	mk 5 970 000

Driftskostnaderna inklusive amortering skulle i detta fall utgå med c. 21 p/kg. Medelpriset på förstklassig slutligt utsågad, kvistfri och torr björk, ek eller ask i USA är 75 p/kg motsvarande mk 12.60/f³ vid täthet 0.6. Om man beräknar MMA-plastens pris till 1.50 mk/kg samt beaktar procentuella förhållanden i slutprodukten, erhålles priset 1.25 mk/kg. Då försäljningskostnaderna tillkommer, måste man i USA tydligen räkna med en ytterligare 100 %:s förhöjning. Strålningens andel i behandlingskostnaderna kan väntas nedgå, då tillgången på aktivt atombränsleavfall ökar. Likaså kan överskottet av monomer vid impregneringen vid strålningsförfarandet lättare användas på nytt, då det inte är förorenat av katalysatorer.

Möjligheterna att få ner priset genom att använda billigare plast bör också beaktas. En blandning av t.ex. styren och acrylnitril kostar bara c. 90 p/kg, men tyvärr fordras i detta fall en betydligt kraftigare strålningskälla. Behandlingskostnaden stiger därför till 34—40 p/kg, då amortering och ränta på de dyrare grundkostnaderna medräknas. Den av Miettinen använda polyester-styrenblandningen i förhållande 1/1 kostar likaså c. 90 p/kg och förefaller den för närvarande förmånligaste, då strålningskällan inte behöver ökas. Någon avgörande inverkan på produktens pris uppnås dock inte. Enligt Miettinen (1966 s. 590 och 1967 s. 8) skulle plastvirkets produktionspris röra sig mellan 25—34 mk/f³. Då härtill lägges försäljningskostnader, räntor och vinst, skulle slutpriset på plastvirket vara 3—8 gånger högre än motsvarande obehandlat virke. Här blir det närmast en fråga om vilka virkespris man jämför med. Plastvirket har tydligen möjligheter att konkurrera med mahogny och teak och andra importerade utländska träslag. Medelpriset från brädgård i Helsingfors för dylika ligger på 17 mk/f³, men t.ex. teakpriset är 37 mk/f³, och ännu dyrare träslag importeras. Huru långt plastvirket kommer att tränga in blir i sista hand beroende av smakfrågor. De första erfarenheterna från den amerikanska marknaden inväntas med stort intresse.

T a m m e l a (1967 s. 2) anser, att förfarandet enligt katalysatormetoden, såsom den utarbetades vid Neste Oy, ställer sig överlägset billigare. Grundkostnaderna för behandlingsfasen skulle utgöra endast 1/6 av motsvarande vid strålningsförfarande. I själva verket medför detta inte någon överväldigande inbesparing, då produktens huvudkostnader innehålles i plast- och virkesåtgången, vilka kvarstå oförändrade. Enligt M i e t t i n e n s kalkyler blir slutproduktens pris av samma storleksordning oberoende av använd metod. Det förefaller dock, som om M i e t t i n e n skulle något underskatta den betydande olikheten i virkespris i Finland och USA. Sågad björkvara för leverans från brädgård kostar hos oss snarare under 5 mk/f³ än över, vilket betyder ett kilopris på 25—30 p. Också om man beaktar tilläggskostnaderna för slutlig formgivning blir utgifterna för virkesråvaran knappast mer än halva amerikanska priset 75 p/kg. Likaså kan man ställa sig frågande till försäljningskostnadernas storlek. Om försäljningen kombineras med redan på trävaruområdet verksamma firmors andra produkter, torde betydande inbesparingar vara möjliga. Ett utförsäljningspris av 2 mk/kg borde redan i detta läge vara möjligt i finska förhållanden.

Allt som allt beräknar T a m m e l a emellertid kostnaderna för ett plastvirkesföretag med katalysator till c. 600 000 mk, varvid produktionskapaciteten dock endast skulle utgöra 2 250 m³/år. Skillnaden i grundinvestering är så betydande, att ett katalysatorföretag tydligen borde grundas först. Kostnaderna för strålningsförfarandet kan visserligen nedbringas i takt med den tekniska utvecklingen, men skillnaden förfaller enorm. Å andra sidan kan en produktion enligt strålningsförfarandet också påbörjas i mindre skala, varvid kostnaderna kunde hållas kring 1 miljon mk vid en kapacitet på 1 600 ton/år. En kombination av vartdera förfarandet är eventuellt möjlig. Med hjälp av en liten mängd katalysatorer kan kanske ännu billigare råplast användas, utan att strålningskällan behöver förstärkas.

Forskningar inom plastvirkesbranschen bedrivs intensivt i ett flertal länder (USA, Sovjet, Japan, Sverige, Frankrike), och som alltid kan man vänta sig en prisnedgång, då produktionen kommer i gång i större skala. Likaså bör ihågkommas, att plastråmaterialen fortsättningsvis visat en sjunkande pristendens. Utan tvivel öppnar sig här ett nytt område, som lämpligast kunde exploateras av landets såg- och snickeriindustri.

För den totala virkesförbrukningen kommer plastvirket under den närmaste framtiden knappast att få någon större betydelse. T.ex. 2 000 ton virke motsvarar bara c. 4 000 m³. Däremot kommer plastvirket att förhållandevis snabbt influera på plastråvaruåtgången, om man räknar med en medelimpregnering på 40 % av virkets vikt. En prognos för när och i vilken omfattning en dylik plaståtgång är att räkna med måste i detta skede vara gissningsbetonad. För att upparbeta en marknad för en ny produkt åtgår vanligen flera år. En konsumtion på 10 000—20 000 ton årligen inom 5 år

förefaller dock vara en konservativ uppskattning. Enligt i tidningspressen synliga uppgifter har redan ett flertal företag närmare granskat möjligheterna för en produktion av plastvirke. Åtminstone ett företag, Expandia Oy har anskaffat apparatur för kemisk impregnering i försöksskala (Wakkola 1967 s. 143). I första hand planeras detta nya material att användas för fönsterkarmar och ledstänger.

På något längre sikt kan man inte frånse, att plastvirket kan komma att inverka på den europeiska importen av tropiska träslag. Denna import rör sig numera om 10 milj. m^3 årligen. Plastvirket kan väl tänkas utkonkurrera användningen av t.ex. teak och mahogny på många områden. Var detta plastvirke kommer att framställas, i trävaruimport- eller exportländerna, blir närmast en fråga om vem som hinner först i utvecklingen av denna nya industrigren. Man skulle tycka, att ett trävaruexportland med en utbyggd plastråvaruindustri skulle ligga bäst till. Ytterligare ett område, som grundforskningen knappt hunnit beröra, är plastimpregneringens utsträckande till att omfatta faner och andra skivprodukter.

Överhuvudtaget är plastvirket den mest betydande upptäckt, som gjorts på virkesområdet under senaste decennier, och konsekvenserna för trävaruhandeln kan väl tänkas bli av samma storleksordning, som i tiderna fanerprodukternas genombrott var.

52. Prognoser och utvecklingstendenser för den framtida plaståtgången i världen

Man kan rent allmänt konstatera, att de prognoser för plaståtgången, som framlagts för 10—20 år sedan, huggit kraftigt i sten. T.ex. Paleyrapporten 1952 i USA beräknade, att den amerikanska produktionen år 1975 skulle ha nått 4 milj. ton. Denna gräns överskreds redan år 1964. Med andra ord ett 11 års fel på en 23 års period. Men också rörande korta perioder görs betydande fel. År 1955 beräknade Bakelit & Co:s marknadschef i USA, att PE-konsumtionen år 1960 skulle stiga till 284 000 ton. Den verkliga åtgången var 450 000 ton. Det förefaller, som om den rätta metoden vore att ta ett medeltal på alla prognoser och därefter fördubbla detta värde.

Den enda prognos från 1950-talet, som i stort sett lyckades förutspå utvecklingen rätt, var den som tidskriften Modern Plastics framlade. Samma källas prognos från 1966 för tiden fram till 1975 förutspår en produktionsökning på 307 % eller i medeltal 15.1 % per år (motsvarande % för tiden 1947—65 var 16.4 %). Ökningen fördelar sig synnerligen olika mellan de skilda plastgrupperna. En del plasttyper stampar på stället, medan andra grupper uppvisar 100 %:iga årliga expansionssiffror. Som jämförelse kan nämnas, att tillväxttakten för samtliga industrier beräknas till 4.6 %. I 1975 års plastförsäljning väntas dessutom 40 % utgöras av för närvarande okända

produkter. Modern Plastics anser däremot förvånansvärt nog, att plastprisen kommer att hålla sig på 1965-års nivå (jfr Greenwald-Khana 1966 s. 148).

För att få en rätt bild av plastens betydelse i världen är det som redan framhållits i många fall rättare att beakta densiteten och inte bara nöja sig med viktjämförelser. Dylika volymberäkningar har utförts av Houwink (1966 s. 98) baserade på Gerritsens (1961) och Modern Plastics siffror. Hans prognos, som bygger på materialutvecklingen från år 1900 och utsträckts till år 2 000, ger minst sagt tankeväckande siffror, vilket framgår av följande tabell (Houwink 1966 s. 99).

Tabell 35. Väntad världskonsumtion av metaller och syntetiska material 1966—2000.
Table 35. Anticipated world consumption of metals and synthetics 1966—2000.

	1966	1970	1980	1990	2000
Befolkning 1 000 milj. — *Population 1 000 millions*	3.4	3.7	4.6	5.6	7.0
Metaller milj. ton — *Metals million tons*	486	582	948	1 514	2 535
Varav järn milj. ton — *Of which iron million tons*	469	560	900	1 400	2 250
kg/person — *kg/person*	138	151	196	250	321
liter/person — *litres/person*	18	19	25	32	41
Syntetiska material milj. ton — *Synthetics million tons*	25.5	40	130	467	1 790
Varav plast milj. ton — *Of which plastics million tons*	16.0	27	105	420	1 700
kg/person — *kg/person*	4.7	7.3	23	75	243
liter/person — *litres/person*	4.2	6.3	20	65	212

Denna långtidsprognos bygger i stor utsträckning på att raten av nya upptäckter och tillämpningar kommer att hålla sig konstant. År 1950 existerade inte 75 % av de varor, som fanns år 1960. Likaså försvinner två gamla varor, då tre nya föds. Någon gång mellan 1980—1985 kommer med andra ord konsumtionen av syntetiska material, varav plasten utgör huvuddelen, att volymmässigt passera metallerna. Också viktmässigt kommer plasten vid denna tidpunkt att gå förbi världsbehovet av t.ex. pappersprodukter (162 milj. ton år 1975 enligt Unasylva 1966 nr 80—81 s. 31). År 2000 beräknas plastkonsumtionen volymmässigt vara 3.5 gånger större än samtliga andra material sammanlagt, d.v.s. 212 l/person. Betydelsen härav framgår kanske bäst av omstående figurer (Houwink 1966 s. 100), vilka dock inte bör fattas som återgivande ett faktist volymförhållande.

Trots att dylika prognoser är svåra att smälta i dagens läge, är det skäl att ta dem på allvar. En industrigren som växer med en fart av över 15 % årligen kommer ohjälpligt att dominera världsekonomin mer och mer. Inte minst för att denna industri kommer att ta en allt större del av nationalinkomsten på bekostnad av andra produkter. Som känt växer nationalin-

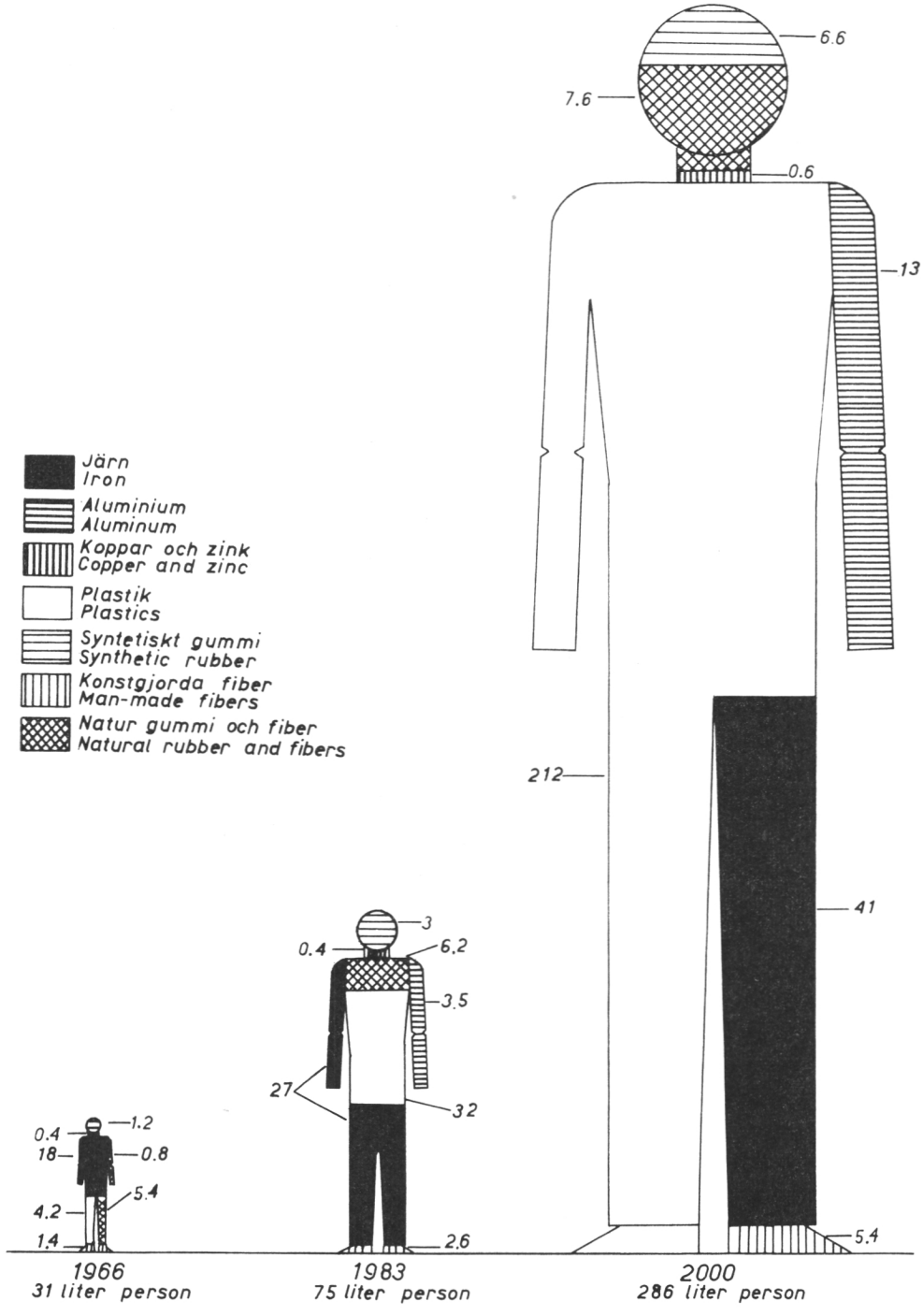


Fig. 5. Tillväxten av plastkonsumtionen jämförd med andra material 1966—2000 i liter per person.
Fig. 5. The comparative growth in consumption of plastics and other materials 1966—2000 in litres per person.

komsten sällan mer än 3—6 % årligen (Mickwitz 1959 s. 15). Inom mindre än 20 år beräknas mänskligheten ha tagit steget över från metall- till plaståldern.

Beträffande utvecklingen under den närmaste framtiden för den virkesbundna plasten kan ytterligare följande synpunkter framhållas. Då USA fortfarande i många fall är ett föregångsland på plastområdet är det tydligen skäl att speciellt beakta amerikanska förhållanden.

På förpackningsområdet kommer användningen av olika plastfilmer att öka stadigt. Enligt en industriundersökning (jfr MP 1966 maj s. 203) beräknas konsumtionen år 1970 i USA för de viktigaste kvaliteterna att vara följande:

	1965	1970
	milj. lbs	
PE	560	800
Cellofan	405	370
PP	40	142
PVC	30	69
PS	15	38.5
PVDC	20	27

Som av siffrorna framgår är det endast användningen av cellofan som väntas minska varigenom PE-dominansen ytterligare framhävs. Övergången till plast förutsättes bli total inom de närmaste 10 åren. »The supermarket will be a gigantic display of plastics packaging.» (MP 1966 maj s. 225).

Plastbeläggning på kartong möter fortsatt konkurrens från vaxmaterial. I själva verket ser det ut, som om vaxanvändningen i USA skulle ha lyckats återerövra en del fotfäste. Detta beror på att man begynt kombinera vax med olika polymer, varigenom de mest olika egenskaper kan skapas. Fördelen vid vaxbeläggning är, utom billigare råmaterial och anläggningskostnader, bl.a. att kassationsprocenten är mycket liten (2 %), då beläggningen utförs först mot slutet av produktionsprocessen, sedan trimningen avslutats. PE-beläggningen utförs däremot över hela kartongytan redan i början, vilket kan leda till 45 %-ig kassation i samband med tryckning och trimning. Olika vaxpolymerblandningar, som lämpar sig för »hot melt»-processen beräknas kosta endast 1/3 av strängsprutbehandlingens kostnader. Trots dessa fördelar nedgick användningen av vaxmaterial för dryckeskartong i USA från 450 milj. lbs år 1960 till 92 milj. år 1964. Allt som allt kvarstod på vaxsidan 244 milj. lbs. Tack vare sampolymerisationen anses vaxanvändningen kunna räkna med en viss rehabilitering.

PE-kartongen har tillsvidare slagit helt igenom endast på mjölkområdet, vilket omstående siffror utvisar (Market profile... 1965 s. 26).

Av alla mjölkkartonger är numera 95 % PE-belagda och dessa svarar för nästan hälften av hela strängsprutsbeläggningen (jfr MP 1967 jan. s. 88). Användningen av mjölkkartonger har i USA ökat 5—10 % årligen på grund

Tabell 36. PE-åtgången vid kartongbeläggning i USA 1965 i milj.lbs.
Table 36. PE consumption for coating of paperboard in USA 1965 in million pounds.

Mjölkkartonger — *Milk cartons*	130
Wellpappbehållare — *Corrugated containers*	2
Sammansatta fruktsaftsburkar — *Fruit juice composite cans*	2
Bageriaskar — *Bakery boxes*	4
Behållare för frusen mat — *Frozen food containers*	5
Andra mejeriprodukter — *Other dairy products*	5
Alla andra vikbara kartonger — *All other folding cartons*	11
Bägare för varma drycker och tallrikar — *Hot drink cups and plates*	6
Summa — *Total*	165

av den stigande konsumtionen per capita (skolmjölk o.d.). Användningen av övriga mat- och fruktsaftskartonger väntas växa kraftigt i en snar framtid.

I motsatt riktning verkar konkurrensen från plastpåsar och flaskor samt strävan mot större förpackningar. År 1966 beräknades, att i USA producerades 70 milj. mjölkflaskor av PE. De användes av 650 mejerier i 40 stater. De flesta mejerier gör själva sina flaskor på platsen. Viktbesparingen vid användningen av plastflaskor i stället för glasflaskor är 60 % och volymbesparingen 50 %. Flaskandelen är dock tillsvidare obetydlig, om man jämför med totalantalet kartonger, vilka år 1965 var väl över 20 000 milj. st.

Som synes är situationen på mjölkområdet invecklat, och det är svårt att avgöra, om någon förpackningsmetod kommer att klart överväga i framtiden. Det enda man med säkerhet kan säga är, att konsumtionsmjölken inte mera kommer att säljas i lösvikt eller i glasflaskor. I Europa förefaller utvecklingen att uppvisa olika mönster i olika länder. T.ex. i Holland och Norge har påsförpackningen fått ett bra mottagande, medan ställningen i England är oavgjord. Plastflaskorna ställer sig något dyrare än PE-kartonger, varför den svåraste konkurrensen ser ut att bli mellan påsar och kartonger. I Holland har priset på påsförpackningar redan kunnat sänkas till under 2 p/st. Prisskillnaden talar för påsar, men utan tvivel är en kartongförpackning angenämare att handskas med. Det förefaller troligt, att kartongen kommer att lyckas hålla en betydande del av marknaden. I alla händelser växer åtgången av PE-kartongen kraftigt på sådana förpackningsområden, där foliepåsar inte kan konkurrera.

Också i Finland har vaxad kartong på mjölkområdet praktiskt taget försvunnit. En prisjämförelse av de olika förpackningar, som står till buds, ger följande bild (K n a a p i 1966 s. 28).

Priset på konsumtionsmjölk i Helsingfors

	p/l
1 liters öppet kärl	60
24 liters polygal förpackning	66
2 liters kartong	68
1 liters kartong	70
1 liters glasflaska	66 + 30 p för flaskan
1 liters plastpåse	65

Den billigaste förpackningen, plastpåsen, är 5 penni och kartongen 10 penni dyrare per liter än mjölk i lösvikt. I mejerierna förpackas årligen c. 170 milj. liter mjölkprodukter. Om man räknar med att kartongen kan hålla 50 % av marknaden är det inhemska behovet 5 000 ton per år plastbelagd kartong. Exportmöjligheterna är självfallet av alldeles annan storleksordning.

Andra potentiella enorma marknader för plastbelagt papper och kartong finns på flere håll. Ett område, som i detta hänseende ännu är svårt att överblicka, är det agrikulturella. Plastbelagt papper användes för att höja jordtemperaturen och på så sätt växttidens längd. Samtidigt sparas arbetskostnader, då rensningsarbetet bortfaller och vattenavdunstningen minskar. Också andra produktionshöjande verkningar har påvisats. Obelagt papper lämpar sig inte lika bra på grund av bristande hållfasthet och ljusgenomsläppning. Enbart plastfolie åter är svårare att applicera och förstöra vid växtperiodens slut. Bäst synes ett tunt papper belagt med svart PE ungefär 4—6 lbs/3 000 sq.ft., d.v.s. 6.4—9.6 g/m² (jfr Ranger 1966 s. 16) lämpa sig. Detta material kan framställas så, att det efter lämplig tid blir sprött och sålunda kan plöjas sönder och blandas med jorden. Med tanke på bristen på arbetskraft och svårigheterna med vattenförsörjningen mångenstädes i världen kan man vänta sig en praktiskt taget obegränsad åtgång av dylikt papper. I Finland behöves det i första hand för 13 000 ha trädgårdsodlingar. Överhuvudtaget är plaståtgången på trädgårdssidan stor bl.a. i form av slangar och folie under bäddarna i växthus.

Också inom skogsskötseln har användningen av plastfolie i olika kombinationer stora framtidsmöjligheter. Den av Nisula (jfr SP 1966 nr 5 s. 185) i Finland utvecklade planteringsmaskinen använder som »råmaterial» torv och folie. Likaså kan en lämplig plastbit runt planteringsstället skydda plantan mot att bli övervuxen av undervegetation.

Strängsprutat PE-papper för tryckningsändamål introducerades under 1966 i USA och kan tänkas ha en framtid som papper för barnböcker. Också andra specialändamål såsom programeringsremsor för datamaskiner, kartor och veckotidskriftspärmar m.m. kan skapa ett nytt användningsområde. Att allvarlig konkurrens med tidningspapper skulle uppstå i en nära framtid är osannolikt. Däremot är det tydligt, att en stor del av päs- och säckområdet kommer att gå förlorad för pappersproducenterna. Det mesta talar dock för en accelererande konsumtionsökning av plastbelagt papper och kartong, vars omfattning ännu inte kan överblickas.

På byggnadsområdet väntas den kvantitativt snabbaste utvecklingen. Tillsvidare utgör plasten bara några % av den totala materialåtgången på området, men som tidigare framgått svarar detta dock för c. 25 % av hela plastkonsumtionen. År 1967 väntas byggplasten i USA ensam motsvara 1961 års plastproduktion. Mångenstädes i världen är en ökning av industriali-

seringsprocenten vid byggnadsverksamheten en direkt nödvändighet, för att behovet av bostäder skall kunna tillfredställas i takt med befolkningstillväxten. T.ex. i England försöker regeringen påverka utvecklingen i dylik riktning genom ett flertal åtgärder (jfr BP 1967 feb. s. XXVII).

En hel del prototyputvecklingar förekommer inom branschen, men massproduktion av användbara produkter framträder endast långsamt. I detta läge förefaller sandwichkonstruktionerna vara de intressantaste, och utan tvivel kommer plasthus av dylikt material att vara allmänna inom en nära framtid. Under 1966 framstod också ytskivor av polyvinylfluorid (PVF) som mycket lovande. De är garanterade att hålla lika länge som byggnaden. Överhuvudtaget räknar man med att inom 10 år minst 15 % av allt utvändigt väggmaterial kommer att vara plast (MP 1966 maj s. 180).

Bland andra utvecklingslinjer, som ännu befinner sig på experimentstadium kan följande framhållas. I USA har för byggandet av stora runda kupoler den s.k. »spiralframställningsmetoden» utvecklats. Som råmaterial används PS-cellplast. Detta skärs i lämpliga strimlor, vilka svetsas samman i spiralform med ständigt minskande omkrets, så att till slut en heltäckt kupol uppstår. På detta sätt har en självbärande byggform konstruerats. Kupolen kan också användas som skal för en stålbetongskonstruktion, om betydande belastningsförmåga fordras. Arbete pågår för att anpassa detta byggsätt också för oregelbundna former.

Vid universitetet i Michigan i USA pågår experiment med 1/4″ tjocka, styva uretanskumskivor, som beklätts med kraftpapper. Av dessa har man lyckats konstruera 4.2 m långa, bärande balkar. Väggarna till rum av ett dylikt material väger c. 14 kg/m^2. Med hjälp av skumplastskivor, som efter upphängning ytterligare besprutas med uretanplast, har man också konstruerat olika paraplyartade tak-konstruktioner.

I en del fall, där färdig serieproduktion av byggartiklar inte kan ske vid fabrik, har man i stället begynt framställa maskiner lämpade att användas på byggplatsen. Ett dylikt förfarande tillämpas i synnerhet i fråga om olika skumprodukter. T.ex. uretanskum som isoleringsmaterial sprutas direkt på underliggande byggpanel på platsen. I Finland finns redan åtminstone ett företag, Vaahtoeristys Oy i Seinäjoki, som sysslar med dylik verksamhet. Denna utvecklingstendens medför kostnadsbesparingar av serietillverkningsformat. Samtidigt utvecklas oavbrutet de ordinarie fabriksmetoderna för bearbetning av plast, vilket möjliggör behandling av större och större enheter i fabrik. T.ex. färdigt formsprutade kök och badrum är numera fullt tänkbara byggplastprodukter. I Japan finns redan en 1 000 oz. sprutpressmaskin, som pressar ett 35 kg:s badkar i ett stycke (MP 1967 jan. s. 174). I dylika produkter liksom i golv, taklister och dörrkarmar bygger man färdigt in kanaler för telefon och elektriska ledningar, vilket allt underlättar plastens framträngande. I detta sammanhang kan nämnas den i Japan utformade

metoden med värmeelement under takbeläggningen, som vid behov kan kopplas på för snösmältning. Det är ett förfarande, som kan tänkas få stor betydelse i de nordiska länderna.

De faktorer, som sist och slutligen avgör utvecklingshastigheten, är brand- och standardiseringsfrågor. För nya byggnadsprodukter fordras myndigheternas användningstillstånd. Producenten måste låta testa materialets eldfasthet och styrkevärden, utarbeta normer och användningsråd. En större marknad kräver med andra ord internationellt samarbete. Ett dylikt har också redan etablerats i betydande utsträckning, nämnas kan plastsektionen i Kommittén för nordiska byggnadsbestämmelser. Mycket återstår dock ännu att göra innan byggplasternas egenskaper och användningsmöjligheter blivit tillräckligt noggrant prövade. Också konservatismen och smakfrågor försvårar i allmänhet accepterandet av nya material. I många fall försöker man därför underlätta plastens undanträngande av virke genom att göra plastytan möjligast virkeslik. I ett senare skede blir detta troligen onödigt då en ny generation vuxit upp vilken redan som barn lekt med plastleksaker.

Avgörande för plasternas framträngande är självfallet också prisutvecklingen. Den belyses bäst av följande siffror från USA (MP 1967 jan. s. 122). Dessa anger medelpris för kvantiteter mellan 20 000—30 000 lbs.

Tabell 37. Prisutvecklingen för diverse plastråmaterial i USA 1960 och 1966 i cent per lbs.
Table 37. Price development for various plastic raw materials in USA 1960 and 1966 in cents per pound.

Material *Material*	1960	1966
LDPE sprutpress kval. — *LDPE injection moulding*	26	17
LDPE för pappersbeläggning — *LDPE for paper coating*	32.5	19.25
HDPE sprutpress kval. — *HDPE injection moulding*	35	17
PVC vanlig kvalitet — *PVC general purpose*	18.5	15
PS vanlig kvalitet — *PS general purpose*	18	15.5
PS slagfast kvalitet — *PS high impact*	27.5	18
PP sprutpress kvalitet — *PP injection moulding*	42	20
Polyester för AP — *Polyester for RP*	28	22

På härdplastsidan har den sjunkande tendensen varit mycket måttligare eller rent av obefintlig. T.ex. pressgradskvaliteten av melamin har sjunkit från 47 till 42 c/lbs, medan fenolpriset hållit sig kring 21 c. Det är klart, att botten för ett prisfall av dylika mått måste nås förr eller senare. I själva verket anses lönsamheten vara tvivelaktig för PS, PE och PVC. På PE- och PVC-sidan räknar dock producenterna med att kunna motverka den negativa utvecklingen genom kostnadssparande teknik och större anläggningar. År 1970 väntas på PE-området i USA finnas åtminstone tvenne producenter

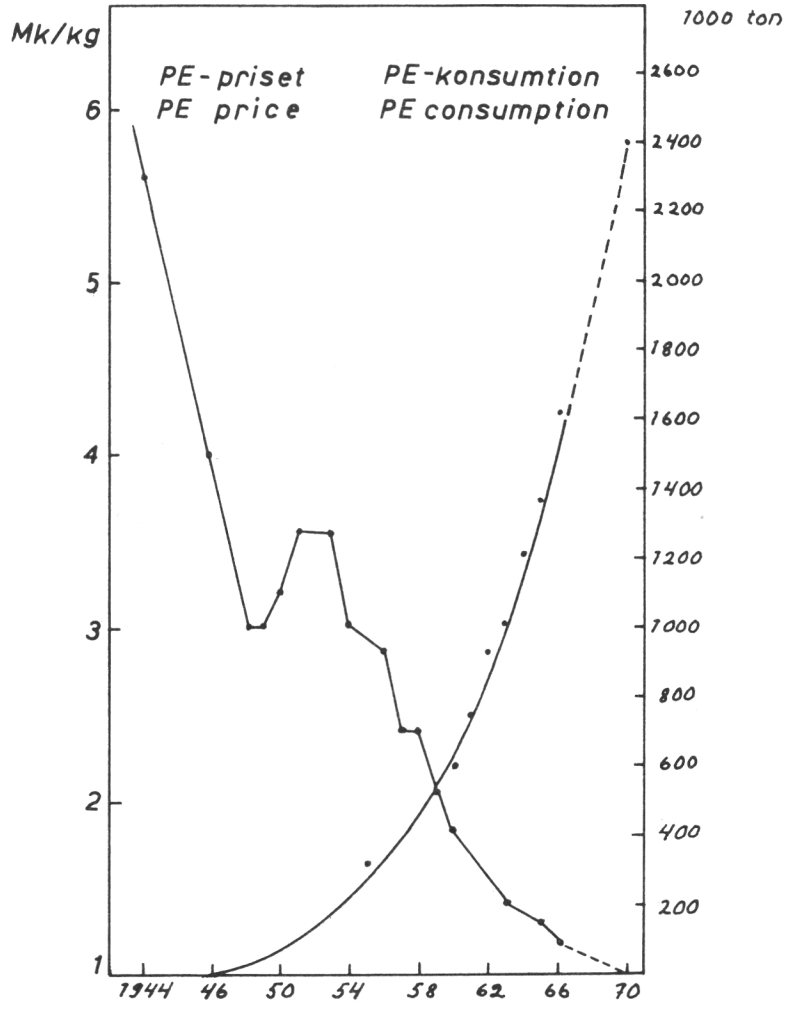


Fig. 6. Utvecklingen av LDPE-priset och konsumtionen i USA 1944—70.
Fig. 6. Development of LDPE price and consumption in USA 1944—70.

med en kapacitet på 0.5 milj. ton årligen. Detta skulle t.o.m. medgiva ytterligare prissänkningar, så att priset år 1970 på dessa material skulle vara 11—12 c/lbs. (c. 70 p/kg). Som redan framkom råder härom dock i någon mån delade åsikter. I fig. 6 framgår prisutvecklingen i USA för PE i förhållande till konsumtionen (jfr K o m i 1966 s. 5).

I Europa har prisutvecklingen varit liknande om också med en viss eftersläpning. T.ex. i Väst-Tyskland var priset på PE år 1960 3.05 Dm/kg

och år 1965 1.60 Dm/kg. I Finland har priset under motsvarande tid sjunkit från över 2 mk till c. 1.10 mk/kg. Om man går till volymjämförelser är priset på plast redan nu billigare än på aluminium och stålhalvfabrikat. Dessutom bör ihågkommas, att plast, så länge det finns olja, kan produceras i obegränsade mängder och i jämn kvalitet. Priset på virke på längre sikt kan däremot knappast väntas nedgå. För våra inhemska trädslag är priset för närvarande mellan 25—30 p/kg för sågad vara. På ren viktbasis är alltså virkesfibern tillsvidare ett betydligt billigare material än plast. Då installerings- och underhållskostnader beaktas, visar det sig ofta, att plasten redan med nuvarande priser är förmånligare (jfr BP 1967 feb. s. XXVII). Indirekt stärkes plastens ställning av att prisen på andra material t.ex. aluminium och glas visar stigande tendens.

Om man beaktar förädlingsgraden, kan en jämförelse mellan plast och cellulosa ligga närmare till hands. Priset på den sistnämnda produkten är 50—55 p/kg. Utgående ifrån att vidareförädlingen av dessa båda material kostar ungefär lika mycket och att cellulosapriset förblir konstant, är förhållandet tills vidare 1 : 1.5 till cellulosans fördel. Å andra sidan har Heyman (1965 b s. 772) gjort följande kostnadsjämförelser mellan massa och plast.

Tabell 38. Produktionskostnad vid 300 000 tons årskapacitet av cellulosa och etenplast i Sv. kr./ton.
Table 38. Production cost at annual capacity of 300 000 tons of cellulose and ethylen-plastic in Sw. crowns/ton.

Produkt *Product*	Investering *Investment*	Produktionskostnad *Production cost*	Lönekostnadsandel *Salaries*
Cellulosa — *Cellulose*	350	695	1/3
Eten — *Ethylen*	200	315	1/8
Etenprodukt — *Ethylen produkt*	400	630	1/8

Plastens ställning gentemot cellulosafibern är enligt denna uträkning förmånlig på grund av den betydligt mindre lönekostnadsandelen. Som känt stiger dessutom lönerna oavbrutet.

Arnestad (1964 s. 331) har gjort jämförelser mellan diverse pappers- och plastfoliekvaliteter och konstaterar, att så fort papperet behandlats med tillsatsmedel, kan flere plaster konkurrera prismässigt. Ofta inverkar också möjligheten att utnyttja plasterna i tunnare skikt än papperet. Överhuvudtaget anses prisdifferensen till papperets favör numera obetydlig (jfr t.ex. Graff 1966 s. 5). Utvecklingen kan i någon mån fördröjas av de svårigheter, som alltid uppstår vid övergång till ett nytt material som fordrar nya maskiner och har inkörningssvårigheter.

53. Prognostillämpning på finska förhållanden

Som Streyffert (1957 s. 72) framhållit finns det knappast någon sektor inom det ekonomiska livets sfär, för vilken prognosberäkningar är av större vikt än skogsbruket. Detta beror naturligtvis på den långa tidsrymd som ofta hinner förflyta mellan en åtgärd och dess synliga resultat. Också skogsindustrin är förhållandevis oelastisk och produktionsomställningar fordrar långa övergångsperioder. Av denna undersökning har framgått att den virkesbundna plasten ser ut att förorsaka betydande förändringar för skogsprodukternas del. Det förefaller därför viktigt att, på basen av här insamlat material, försöka bedöma också den närmaste framtiden.

Ett flertal modeller står numera till förfogande för prognosberäkningar. Med tanke på tillgängliga informationer synes dock den enkla regressionsmodellen $Y = f(x)$ ändamålsenligast eller som IUFRO (1967 s. 45) skriver »its predictive reliability seems to be as good as any alternatives that are presently available for operational use».

Självfallet är, att en regressionsanalys av empiriskt material i och för sig inte förmår förutspå den framtida utvecklingen. Då det är fråga om i huvudsak nya produkter, vilkas användning vuxit explosionsartat, måste förr eller senare en satureringspunkt uppnås, som helt kan förändra bilden. Också före denna punkt kan en retardering framkomma på grund av att den produktionstekniska omställningen inte hinner med. Världskrig och ekonomiska depressioner utgör ytterligare osäkerhetsmoment. Förmånligast vore, om jämförelsematerial stode till buds från länder, där utvecklingen hunnit längre än i Finland. I viss utsträckning är detta tydligen fallet i USA och några länder i Europa. Om man baserar en jämförelse på plastindustrins bruttotillverkningsvärde uttryckt i % av bruttonationalproduktionen är skillnaden c. 10 år. I Finland var denna % år 1964 0.38 vilket motsvarar 1955 års värde för USA. Knappast något annat land uppvisar emellertid ett så speciellt beroende av den virkesbundna plasten som Finland. Direkta jämförelser är följaktligen vanskliga att utföra, medan en matematisk behandling kan försvaras med tanke på att utvecklingen i de längre hunna länderna i inget fall tyder på att en mättnadspunkt skulle vara nära förestående.

En regressionsanalys kan naturligtvis bindas vid många olika faktorer, t.ex. vid bruttonationalinkomsten. Utvecklingen av den virkesbundna plasten i Finland är emellertid i hög grad beroende av exporten av skogsprodukter och på så sätt knuten till den internationella situationen. Å andra sidan påverkar plastprodukterna exportutvecklingen, varigenom en dylik analys lätt blir en cirkelgång. En direkt tidsbundenhet förefaller att ge den naturligaste modellen. Den framtida prisutvecklingen har inte beaktats, men

som redan framgått arbetar denna snarare till förmån för plast- än för virkesprodukterna.

Att tidigare uppgifter endast omfattar 8 år, är naturligtvis ett handikap. Materialet har dock prolongerats för en lika lång tidsperiod framåt och resultaten har ansetts någorlunda tillförlitliga åtminstone för halva denna tid, d.v.s. fram till år 1971.

Utformningen av det empiriska materialet gav anledning antaga, att en linear analys kunde utföras genom att av mängdvariabeln z (d.v.s. plaståtgången) beräkna serien y = log. z. Regressionsmodellen erhöll formen (jfr Hald 1962 s. 522):

$$(1) \qquad y - \bar{y} = a\,(x - \bar{x})$$

där y = log. för mängdvariabeln

x = tiden

$\bar{y} = \sum_{i=0}^{7} y_i/8$ = log. transformationernas medeltal

$\bar{x} = \sum_{i=0}^{7} x_i/8$ = årtalens medeltal (1960 = 0, 1961 = 1 o.s.v.)

a = regressionskoefficienten

Före uträkningen av respektive regressionslinjer kontrollerades, i vilken mån förutsättningen i fråga om x och y:s linearitet höll streck. Detta skedde genom uträknandet av korrelationskoefficienten mellan dessa variabler enligt formeln

$$(2) \qquad r = \frac{C_{xy}}{\sqrt{C_{xx} \cdot C_{yy}}} = \frac{\frac{1}{n-1}\sum_{i=0}^{7}(x_i - \bar{x})\,(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=0}^{7}(x_i - \bar{x})^2 \frac{1}{n-1}\sum_{i=0}^{7}(y_i - \bar{y})^2}}$$

där C_{xy} = kovariansen mellan variablerna x och y

C_{xx} = variabeln x:s varians

C_{yy} = variabeln y:s varians

n = observationernas antal

För att testa, i vilken mån de erhållna korrelationsfaktorerna avviker från 0, användes formeln

(3) $$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \cdot \sqrt{f}$$

där $f = n - 2$ = antalet fripunkter.

Vid 6 fripunkter anger värdet 5.959 för t en 99.9 % säkerhet. I samtliga här analyserade fall överskrider det erhållna värdet för t detta tal, varför korrelationen kan anses vara klart positiv och den lineara förutsättningen alltså föreligga.

Regressionskoefficienten a bestämmes genom

(4) $$a = \frac{C_{xy}}{C_{xx}}$$

Då detta förfarande tillämpades på insamlat material från plastråvaruåtgången vid pappers- och kartongfabrikerna (tabell 25 s. 60), erhölls följande värden:

$a = 0.2525$
$\bar{x} = 3.5000$
$\bar{y} = 3.2338$

och då dessa värden insättes i formeln (1):

$y - 3.2338 = 0.2525\,(x - 3.5000)$ varav följer
$y = 2.3500 + 0.2525x$

Korrelationskoefficienten enligt formeln (2) blir 0.988. Genom att insätta de olika x-värdena (0, 1, 2, . . .) erhålles följande variansserie fram till år 1975.

—	x	y	z = antilog. y	empiriska värden
1960 = ...	0	2.3500	224	250
1961 = ...	1	2.6025	400	500
1962 = ...	2	2.8550	716	650
1963 = ...	3	3.1075	1 280	850
1964 = ...	4	3.3600	2 290	1 950
1965 = ...	5	3.6125	4 100	4 670
1966 = ...	6	3.8650	7 330	9 020
1967 = ...	7	4.1175	13 100	13 000
1968 = ...	8	4.3700	23 400	
1969 = ...	9	4.6225	41 900	
1970 = ...	10	4.8750	75 000	
1971 = ...	11	5.1275	134 000	
1972 = ...	12	5.3800	240 000	
1973 = ...	13	5.6325	429 000	
1974 = ...	14	5.8850	767 000	
1975 = ...	15	6.1375	1 370 000	

För att testa modellens tillförlitlighet kan de empiriska och de teoretiska z-värdena för tiden 1960—67 jämföras. Med användandet av formel (2) erhålles korrelationskoefficienten 0.991, som skiljer sig synnerligen betydande från 0. Modellens tillförlitlighet kan alltså anses vara fullt tillfredsställande.

Vid trendberäkningar är det självfallet av största intresse att få en uppfattning om själva prognosens tillförlitlighet. Därför har tillförlitlighetsgränser framräknats enligt följande, där trendvärdet betecknats med y.

$$(5) \qquad y \pm t_p \cdot S_0 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{C_{xx}\,(n-1)}}$$

där S_0^2 = grundvariansen = $\dfrac{(C_{yy} - a \cdot C_{xy})\,(n-1)}{n-2}$

Om man väljer 95 %:s nivå som konfidensintervall erhålles t = 2.447 och då de olika x-värdena beräknas följande konfidensgränser vid frihetsgraderna 8—2 = 6.

	x	z = antilog.y	z— felgräns	z+ felgräns	empiriska värden
1960 = ...	0	224	153	327	250
1961 = ...	1	400	295	543	500
1962 = ...	2	716	560	916	650
1963 = ...	3	1 280	1 038	1 580	850
1964 = ...	4	2 290	1 860	2 830	1 950
1965 = ...	5	4 100	3 200	5 240	4 670
1966 = ...	6	7 330	5 410	9 940	9 020
1967 = ...	7	13 100	8 980	19 100	13 000
1968 = ...	8	23 400	14 900	36 900	
1969 = ...	9	41 900	24 600	71 600	
1970 = ...	10	75 000	40 400	139 000	
1971 = ...	11	134 000	66 300	271 000	
1972 = ...	12	240 000	108 800	529 000	
1973 = ...	13	429 000	178 000	1 032 000	
1974 = ...	14	767 000	292 000	2 010 000	
1975 = ...	15	1 370 000	479 000	3 930 000	

Framräknade värden ger följande grafiska bild vid användandet av halvlogaritmisk skala (fig. 7 s. 92).

Säkerhetsgränserna är som synes kurvformade, och deras minsta avstånd från varandra sammanfaller med omgivningarna kring ordinatvariabeln y:s medeltal $\bar{y}$.

De trendvärden, som framgår av dessa beräkningar, kan tydligen inte saklöst accepteras. I så fall skulle hela Finlands pappers- och kartongproduktion år 1975 bestå av plastbelagda kvaliteter. Tidningspapper och allt. Denna fråga diskuteras närmare i nästa kapitel. Om vi här nöjer oss med att anse siffrorna för halva prognosperioden tillförlitliga, kan följande utläsas:

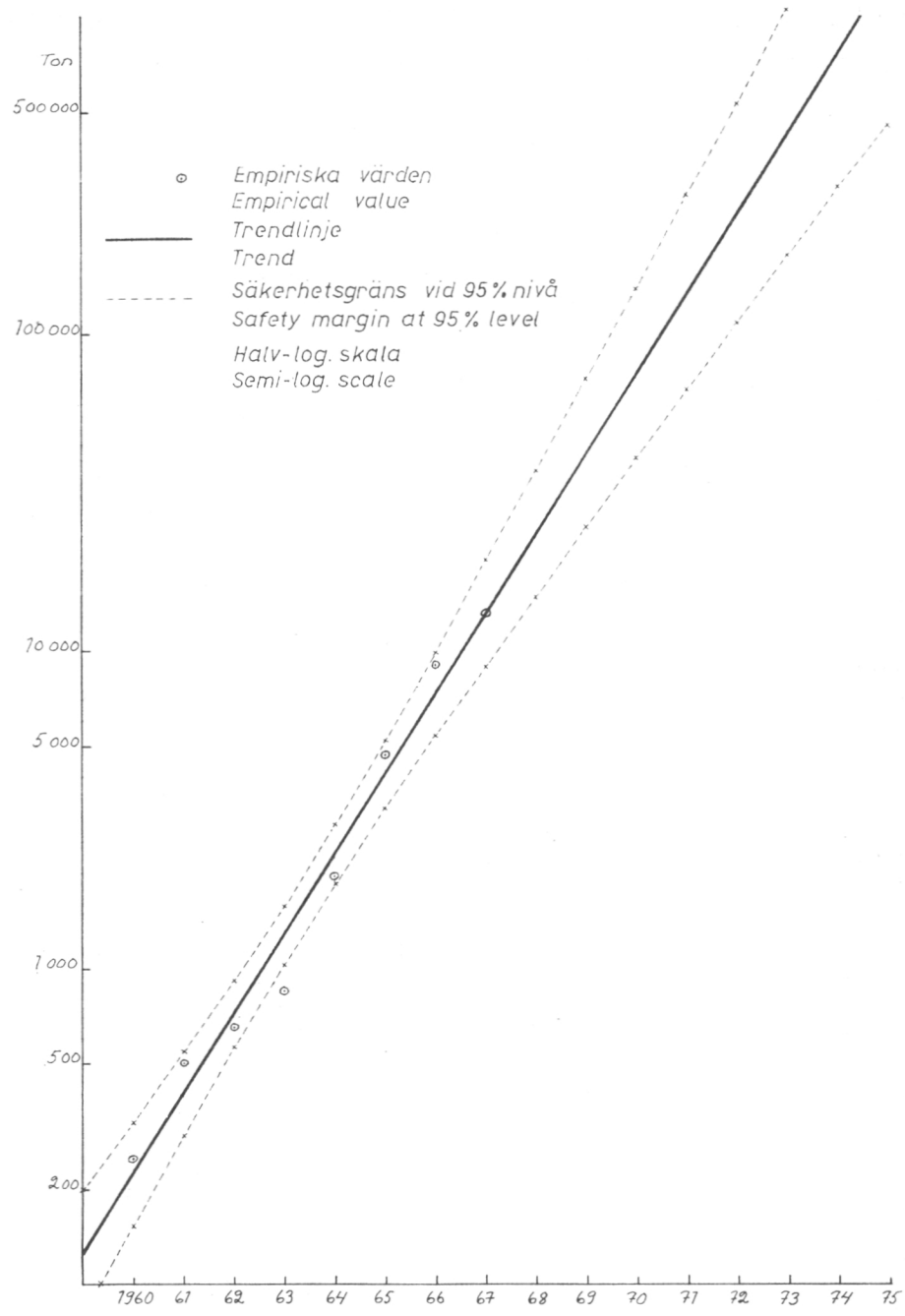


Fig. 7. Plastråvaruåtgången vid pappers- och kartongfabriker i Finland 1960—75 i ton.

Fig. 7. Consumption of plastic raw materials in paper and paperboard factories in Finland 1960—75 in tons.

År 1971 är plastråvaruåtgången vid pappers- och kartongfabrikerna i Finland 134 000 ton troligen i huvudsak PE. Med 95 %:s säkerhet är åtgången inom gränserna 66 300 —271 000 ton.

Motsvarande beräkningar för åtgången av plastråmaterial vid framställningen av folie (tabell 26 s. 61) ger följande resultat.

Korrelationskoefficienten mellan variablarna x och y är 0.986 och alltså fullt tillfredsställande. Regressionskoefficienten a = 0.1950 och övriga grundvärden $\bar{x}$ = 3.500 som tidigare och $\bar{y}$ = 3.3175. Härigenom erhålles

$$y - 3.3175 = 0.1950\ (x - 3.5000)$$
$$y = 2.6350 + 0.1950x$$

Detta leder till följande regressionsserie, där samtidigt säkerhetsgränsen vid 95 %:s nivå beräknats:

	x	z	z— felgräns	z+ felgräns	empiriska värden
1960 = ...	0	432	313	594	550
1961 = ...	1	676	523	875	700
1962 = ...	2	1 060	860	1 300	950
1963 = ...	3	1 660	1 390	1 980	1 330
1964 = ...	4	2 600	2 180	3 110	2 140
1965 = ...	5	4 070	3 310	5 020	3 690
1966 = ...	6	6 380	4 930	8 260	8 080
1967 = ...	7	10 000	7 260	13 800	10 980
1968 = ...	8	15 700	10 670	23 000	
1969 = ...	9	24 500	15 600	38 600	
1970 = ...	10	38 500	22 800	64 900	
1971 = ...	11	60 300	33 200	109 400	
1972 = ...	12	94 400	48 400	184 000	
1973 = ...	13	148 000	70 400	311 000	
1974 = ...	14	232 000	102 400	524 000	
1975 = ...	15	363 000	149 000	885 000	

Korrelationen mellan modellen och de empiriska värdena blir 0.990.

Uttryckt grafiskt erhålles omstående bild (fig. 8 s. 94).

Tillväxttakten på detta område är betydligt långsammare, vilket också framgår av värdet på vinkelfaktorn a. Siffrorna för halva prognostiden utvisar, att år 1971 åtgår för folietillverkning 60 000 ton plastråmaterial (konfidensgränsen rör sig mellan 33 200—109 400 ton). Om vi förutsätter, att förhållandet mellan användningsområden inte nämnvärt hinner förändras, konkurrerar 80 % härav, alltså 48 000 ton, på ett eller annat sätt på pappersområdet. Sammanlagt ser alltså situationen för virkesbunden plast på pappers- och kartongområdet i Finland ut att utveckla sig under de närmaste åren på följande sätt (tabell 39 s. 96).

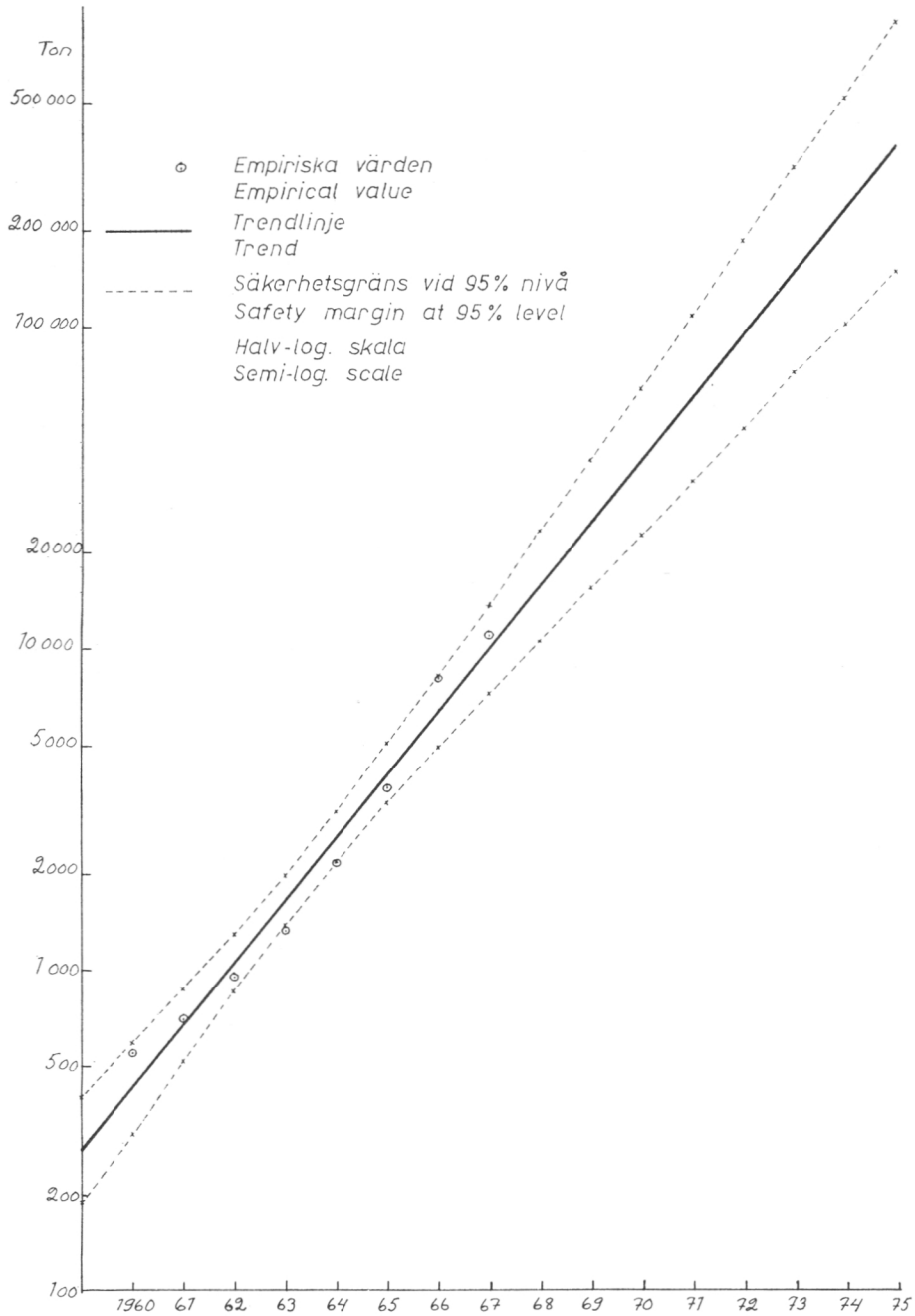


Fig. 8. Plastråvaruåtgången vid folietillverkning i Finland 1960—1975 i ton.
Fig. 8. Consumption of plastic raw materials in foil production in Finland 1960—75 in tons.

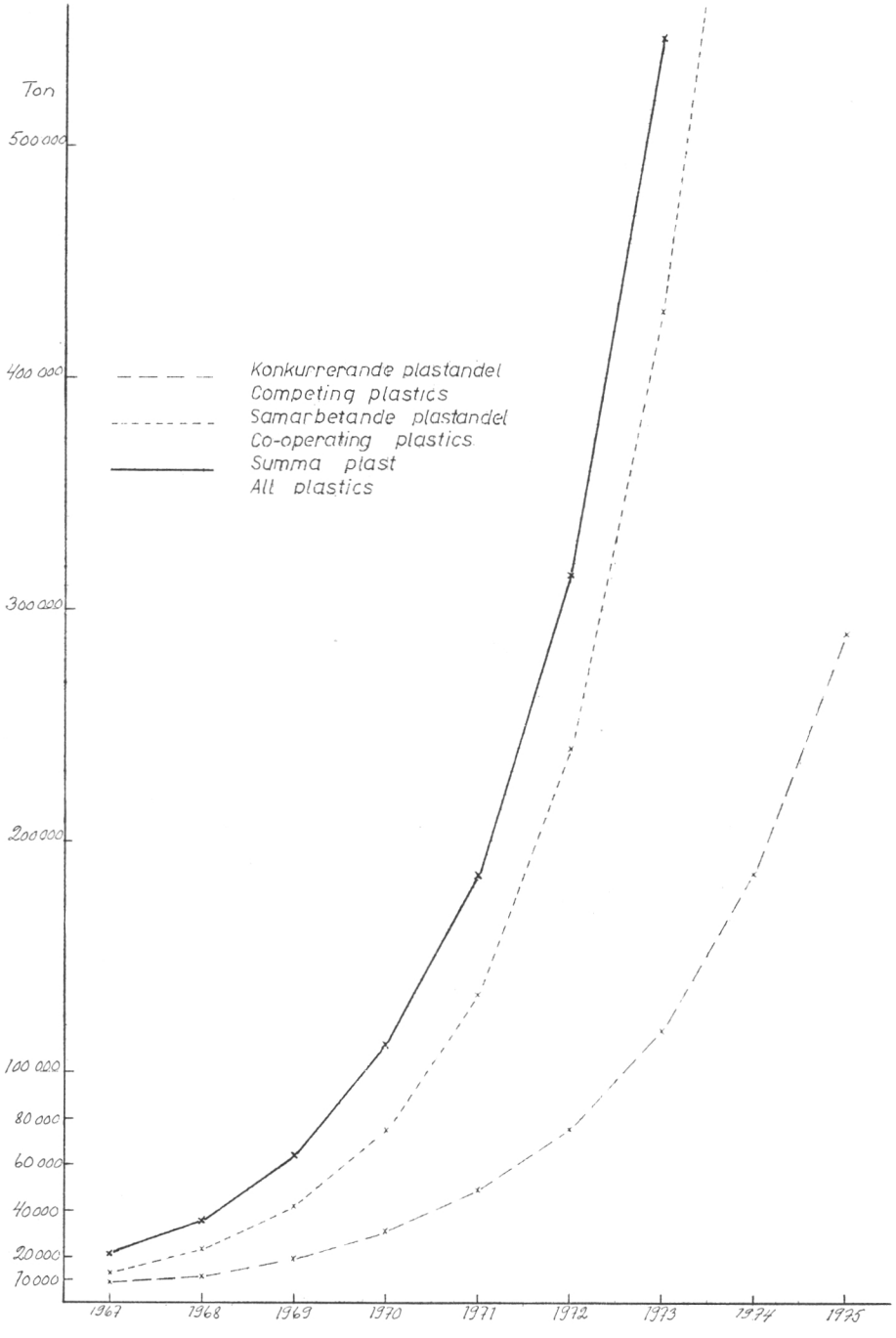


Fig. 9. Virkesbunden plast på pappers- och kartongområdet i Finland 1967—75 i ton.
Fig. 9. Timber-tied plastics in paper and paperboard field in Finland 1967—75 in tons.

Tabell 39. Virkesbunden plast på pappers- och kartongområdet i Finland 1967—71 i ton.
Table 39. Timber-tied plastics in paper and paperboard field in Finland 1967—71 in tons.

	1967	1968	1969	1970	1971
Samarbetande andel — *Co-operating proportion*	13 000	23 400	41 900	75 000	134 000
Konkurrerande andel — *Competing proportion*	8 780	12 560	19 600	30 800	48 240
Summa plast — *All plastics*	21 780	35 960	61 500	105 800	182 240

Grafiskt framgår detta av fig. 9. Om också förhållandet mellan samarbetande och konkurrerande andelar utvecklar sig annorlunda, är det troligt, att totalkvantiteten blir av denna storleksordning. Ställd i relation till hela pappers- och kartongproduktionen är plastens andel år 1971 4.1 %, och om tidningspapperet lämnas obeaktat 7 %. Nämnas kan att Lefèvre... (1964 s. 708) kommit till samma %-tal för konkurrensandelen av plast i förhållandet plast och stål år 1970 i USA. Denna procent har han beräknat som ett medeltal mellan de på volym- och viktbasis erhållna värdena, vilket är svårt att acceptera utan närmare motivering.

För motsvarande analys på skivprodukternas område stod det empiriska materialet från tabell 28 s. 63 till förfogande. Råvaruåtgången för laminatskivor utvisar ingen accelererande tendens, som skulle tala för att en regressionsmodell av logaritmtyp skulle ge bästa resultat. För att få en uppfattning om den fördelaktigaste metoden beräknades korrelationsvärden både för en direkt (r_1) och en logaritmisk (r_2) analys. Dessutom tillämpades samma förfarande på så sätt, att året 1960 lämnades obeaktat (r_3 och r_4). Då de sålunda erhållna korrelationsvärdena testades enligt formeln (3), visade sig trots allt logaritmförfarandet r_2 ge bästa resultat med r_3 på följande plats. Ur prognossynpunkt ger tydligen den förstnämnda analysen för höga och den senare för låga värden. Därför har i det följande vardera metoderna tillämpats och dessas aritmetiska medelvärden har ansetts bäst täcka situationen.

Formlerna för regressionslinjerna fick härigenom följande utseende:

$$z_2 = \text{antilog. } (2.3502 + 0.1771x)$$
$$z_3 = -470 + 500x$$

Då de årliga räkneoperationerna utfördes, erhölls följande serier.

	x	z_2	z_3	$z = \frac{z_2 + z_3}{2}$	empiriska värden
1960 = ...	0	224	—	224	245
1961 = ...	1	337	30	184	240
1962 = ...	2	506	530	518	525

	x	z_2	z_3	$z = \frac{z_2 + z_3}{2}$	empiriska värden
1963 = ...	3	761	1 030	896	860
1964 = ...	4	1 140	1 530	1 335	1 320
1965 = ...	5	1 720	2 030	1 875	2 060
1966 = ...	6	2 590	2 530	2 560	2 565
1967 = ...	7	3 890	3 030	3 460	3 150
1968 = ...	8	5 850	3 530	4 690	
1969 = ...	9	8 790	4 030	6 410	
1970 = ...	10	13 200	4 530	8 865	
1971 = ...	11	19 900	5 030	12 465	
1972 = ...	12	29 900	5 530	17 715	
1973 = ...	13	44 900	6 030	25 465	
1974 = ...	14	67 500	6 530	37 015	
1975 = ...	15	101 600	7 030	54 315	

Z-värdet för år 1960 har beräknats enbart på basen av z_2. Korrelationskoefficienterna mellan de empiriska och teoretiska värdena blev följande:

$$r(z_2) = 0.975$$
$$r(z_3) = 0.991$$
$$r(z\ ) = 0.995$$

Som av prognosen framgår, beräknas plaströråvaruåtgången för laminerade skivor år 1971 att utgöra c. 12 500 ton.

Det empiriska material, som stod till buds för de egentliga plastskivornas del, föreföll väl lämpa sig för logaritmisk behandling, då korrelationskoefficienten i fråga om x:s och y:s linearitet gav värdet 0.997. Regressionslinjen fick följande utseende:

$$y = 3.5682 + 0.0623x,$$

varur erhölls nedanstående z-värden

	x	z	empiriska värden
1960 = ...	0	3 700	3 720
1961 = ...	1	4 270	4 340
1962 = ...	2	4 930	5 010
1963 = ...	3	5 960	5 400
1964 = ...	4	6 570	6 500
1965 = ...	5	7 580	7 740
1966 = ...	6	8 750	8 790
1967 = ...	7	10 100	10 200
1968 = ...	8	11 700	
1969 = ...	9	13 500	
1970 = ...	10	15 500	
1971 = ...	11	17 900	
1972 = ...	12	20 700	
1973 = ...	13	23 900	
1974 = ...	14	27 600	
1975 = ...	15	31 800	

Trendvärdena och de empiriska värdenas korrelationskoefficient blir r = 0.998, vilket är det bästa av hittills behandlade serier. Råvaruåtgången år 1971 utgör för plastskivornas del i det närmaste 18 000 ton.

Som sista grupp bland skivprodukterna har vi att behandla cellplasten. Den empiriska kurvan för denna grupp ger ingen säker ledning beträffande fördelaktigaste regressionsmetod. För ett direkt beroende erhålles värdet $r_1 = 0.984$ och för ett logaritmiskt $r_2 = 0.982$. Samma metod, som tillämpades för laminatskivorna, föreföll följaktligen att vara aktuell. Formlerna för regressionslinjerna fick följande utseende:

$$z_1 = -88 + 538x$$
$$z_2 = \text{antilog. } (2.5258 + 0.1662x)$$

Då de årliga z_1- och z_2-värdena beräknades, visade sig korrelationen mellan regressionsvärdena och de empiriska värdena vara följande:

$$r(z_1) = 0.986$$
$$r(z_2) = 0.974$$

Dessa värden är förhållandevis dåliga beroende på den ringa skillnaden mellan 1960 och 1961 års siffror. Då regressionsvärdena jämfördes med de empiriska, kunde man konstatera att den direkta lineara trenden så gott som regelbundet gav undervärderingar, då den logaritmiska trenden gav övervärderingar. Tydligen förelåg skäl att tillämpa samma förfarande som för de egentliga plastskivornas del, d.v.s. beräkna medelvärdet. Då emellertid korrelationskoefficienten för den direkta lineara regressionen är något större fastställdes medelvärdet så att dessa värden skulle få större vikt. Talen för z beräknades därför som geometriska medeltal alltså $z = \sqrt{z_1 \cdot z_2}$. På detta sätt erhölls följande slutliga siffror (det negativa värdet för z_2 år 1960 har beaktats som 1).

	x	$z = \sqrt{z_1 \cdot z_2}$	empiriska värden
1960 = ...	0	—18	310
1961 = ...	1	470	390
1962 = ...	2	845	750
1963 = ...	3	1 270	1 390
1964 = ...	4	1 790	1 840
1965 = ...	5	2 430	2 650
1966 = ...	6	3 230	3 030
1967 = ...	7	4 240	4 000
1968 = ...	8	5 500	
1969 = ...	9	7 070	
1970 = ...	10	9 030	
1971 = ...	11	11 500	
1972 = ...	12	14 500	
1973 = ...	13	18 300	
1974 = ...	14	23 000	
1975 = ...	15	28 900	

Korrelationstalet mellan z och den empiriska serien blir på detta sätt tillfredsställande

$$r(z) = 0.993$$

Råvaruåtgången på cellplastsidan är enligt dessa beräkningar 11 500 ton år 1971. Ett sammandrag av ställningen på skivområdet framgår grafiskt av fig. 10.
Som av bilden synes förefaller den samarbetande plasten på skivområdet att först i ett något senare skede överflygla den konkurrerande andelen.

Plaståtgången på de sekundära områdena (tabellerna 31 och 32 s. 66) är så pass obetydlig i förhållande till behovet på pappers- och skivområdet, att någon detaljerad trendanalys inte har genomförts, utan de olika grupperna har sammanslagits. Sammanlagt har förbrukningen inom dessa gebit inte utvecklat sig lika jämnt som vid tidigare uträknade serier. Av olika möjligheter till analys, som står till buds, visade sig dock fortfarande det logaritmiska beroendet ge bästa korrelationsvärde ($r = 0.977$). Med användandet av formeln

$$z_2 = \text{antilog. } (3.0318 + 0.0702x)$$

erhölls följande serie:

	x	z	empiriska värden
1960 = ...	0	1 076	1 010
1961 = ...	1	1 265	1 190
1962 = ...	2	1 490	1 860
1963 = ...	3	1 750	1 590
1964 = ...	4	2 050	2 150
1965 = ...	5	2 410	2 320
1966 = ...	6	2 840	2 880
1967 = ...	7	3 340	3 260
1968 = ...	8	3 920	
1969 = ...	9	4 610	
1970 = ...	10	5 420	
1971 = ...	11	6 370	
1972 = ...	12	7 480	
1973 = ...	13	8 800	
1974 = ...	14	10 340	
1975 = ...	15	12 200	

Av trendvärdenas procentuella egna värden erhålles som medelavvikelse 7 %, vilket motsvarar en 93 %:ig beskrivningsnivå. Enligt detta beräkningssätt har råvaruförbrukningen på de sekundära områdena år 1971 stigit till 6 370 ton, d.v.s. en ungefärlig fördubbling från nuvarande kvantitet.

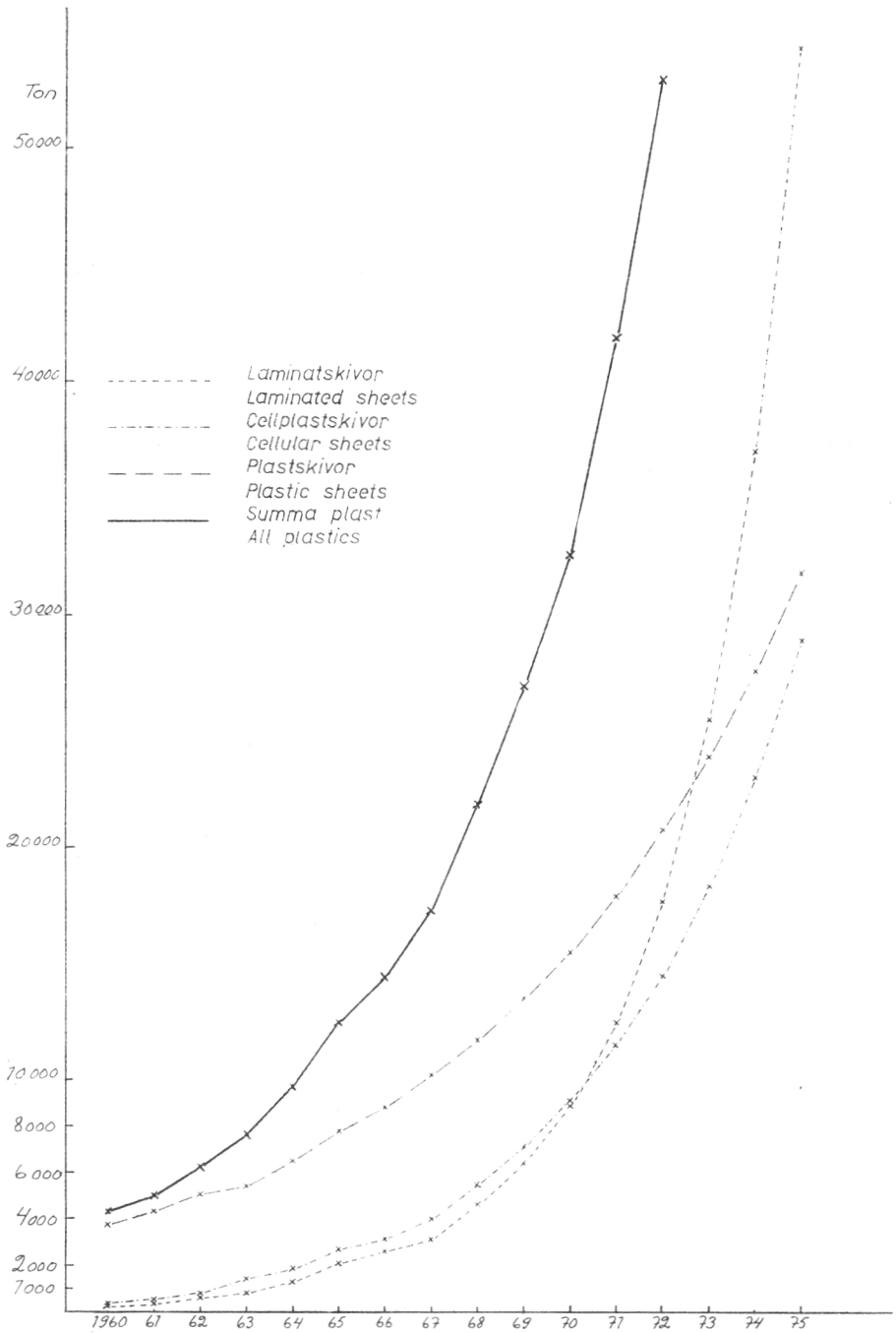


Fig. 10. Virkesbunden plast på skivområdet i Finland åren 1960—75 i ton.
Fig. 10. Timber-tied plastics in sheet field in Finland 1960—75 in tons.

Ett sammandrag av använda regressionsformler och uppnådda korrelations- samt beskrivningsnivåer följer här nedan.

Serie	Regressionsformel	r	$100 \cdot r^2$
I (papper)	$z = \text{antilog. } (2.3500 + 0.2525x)$	0.991	98 %
II (folie)	$z = \text{antilog. } (2.6350 + 0.1950x)$	0.990	98 »
III (laminat)	$z = \frac{[\text{antilog. } (2.3502 + 0.1771x)] + (-470 + 500x)}{2}$	0.995	99 »
IV (plastskivor)	$z = \text{antilog. } (3.5682 + 0.623x)$	0.998	99.6 »
V (cellplast)	$z = \sqrt{[\text{antilog. } (2.5258 + 0.1662x)] \cdot (-88 + 538x)}$	0.993	99 »
VI (sekundära)	$z = \text{antilog. } (3.0318 + 0.0702x)$	0.977	95 »

Då samtliga genomgångna empiriska serier, utom den sista, utvisar en tydlig cyklisk variation med en längd av 5—6 år, har nedan utförts en estimering av cyklarnas utveckling fram till år 1971. D.v.s. de årliga z-värdena har jämförts med de empiriska värdena och betecknats med + eller — beroende på om z-värdena varit större eller mindre än de empiriska. På basen härav har sedan de cykliska variationerna förts 4 år framåt i tiden.

	I 5 år	II 6 år	III 5 år	IV 5 år	V 5 år
1960	—	—	—	—	—
1961	—	—	—	—	+
1962	+	+	—	—	+
1963	+	+	+	+	—
1964	+	+	+	+	—
1965	—	+	—	—	—
1966	—	—	—	—	+
1967	+	—	+	—	+
1968	+	+	+	+	—
1969	+	+	—	+	—
1970	—	+	—	—	—
1971	—	+(—)	+(—)	—	+

Detta skulle tyda på att den faktiska råvaruåtgången år 1971 kommer att ligga något över de framräknade trendvärdena för serierna I och IV medan den V:te serien tyder på motsatt förhållande. För serierna II och III är tendensen osäkrare men troligen är de framräknade värdena för höga.

På basen av här genomförda trendberäkningar blir den totala åtgången av virkesbunden plast sammanlagt 230 000 ton år 1971, motsvarande i dagens importvärde 350 milj. mk. Utvecklingen åskådliggörs bäst av omstående tabell. Då pappers- och kartongindustrins samt folieproduktionens huvudsakliga råmaterial utgörs av PE, kommer tydligen PE-behovet i Finland år 1971 att enbart på den virkesbundna plastsidan ligga väl över 150 000 ton.

För en totaluppskattning av importbehovet bör ytterligare åtgången av icke virkesbunden plast beaktas. Om man på dessa områden kalkylerar med

Tabell 40. Totalåtgången av virkesbunden plast i Finland 1967—71 i ton.
Table 40. Total consumption of timber-tied plastics in Finland 1967—71 in tons.

	1967	1968	1969	1970	1971
Pappers- och kartongområdet — *Paper and paperboard*	21 800	36 000	61 500	105 800	182 200
Byggnadsområdet — *Construction*	17 350	21 900	27 000	33 400	41 900
Sekundära områden — *Secondary fields*	3 250	3 900	4 600	5 400	6 400
	42 400	61 800	93 100	144 600	230 500

en tillväxt av 15 % årligen, d.v.s. medeltillväxthastigheten för plastindustrin i sin helhet, blir plastimportbehovet i Finland år 1971 närmare 300 000 ton. Härtill kommer ytterligare plastlimmen, vilka dock i huvudsak vid denna tidpunkt kommer att framställas i landet. Som jämförelse kan nämnas, att Komi (1966 s. 8) beräknade PE- och PVC-förbrukningen år 1970 till c. 50 000 respektive 45 000 ton. Tydligen har tillväxten av den virkesbundna plasten inte beaktats tillräckligt.

Ett råvarubehov på 300 000 ton år 1971 motsvarar c. 60 kg per person. I dagens läge kan denna siffra förefalla utopisk, då prognoserna för t.ex. USA:s del endast förutsätter en konsumtion av 40 kg per person år 1970. Observeras bör dock att för Finlands del är det inte fråga om någon egentlig konsumtion, då huvuddelen av plasten exporteras i samband med utförseln av skogsindustriprodukterna. I själva verket användes i Finland redan år 1965 mera plast (1 kg/person) för beläggning på papper och kartong än vad åtgången beräknas vara år 1970 i USA (0.8 kg/person, jfr Levlin 1966 s. 89). Detta beror självfallet på proportionen mellan den stort utbyggda pappersindustrin och den lilla folkmängden i Finland.

Om man jämför förhållandet mellan de konkurrerande respektive samarbetande andelarna år 1967 och 1971 erhålles följande procenttal:

	1967	1971
Samarbetande plast	48 %	69 %
Konkurrerande »	52 »	31 »
	100 »	100 »

Trots att den uppdelning i samarbetande och konkurrerande andelar som här genomförts är schematisk och kan kritiseras, förefaller dock tendensen klar. Åtgången av plast för kombinationsprodukter kommer att växa snabbast.

54. Strukturella och kvantitativa förändringar i skogsindustrin, virkesbehovet och utrikeshandeln

Plastens framträngande på virkesområdet med en sådan fart som regressionsanalysen indikerar måste på många sätt inverka på skogsindustrins

framtid. På pappers- och kartongsidan förefaller dock trendvärdet för år 1975, över 1 milj. ton plast, orealistiskt. Om också efterfrågan teoretiskt kan tänkas stiga med en dylik fart, måste man ställa sig tvivlande till att den tekniska omställningen hinner med. För att smälta en milj. ton plastråmaterial årligen behövs över ett 100-tal strängsprutpressar eller liknande anläggningar. Då maximihastigheten beaktas, måste i praktiken antalet ytterligare ökas. Redan anskaffningskostnaderna för en dylik maskinpark är betydande (2—3 milj. mk per stycke).

En strängsprutanläggnings kapacitet är självfallet oerhört beroende av maskinens hastighet, beläggningsbredd och av vad för sorts papper eller kartong, som köres. Bäst är att ange maximismältkapaciteten för plastmaterial och bedöma totalkapaciteten utgående från plastens procentuella andel av slutprodukten. Vid här gjorda beräkningar har en medelsmältkapacitet på 7 000 ton per år och press använts. Man kan inte bortse från att den tekniska utvecklingen kan leda till större beläggningshastigheter och att det på så sätt fordras ett mindre antal anläggningar. Genom att förbehandla (grundera) papper eller kartong anser man redan nu hastigheter på 600—700 meter/min. vara möjliga. Likaså har beläggningsbananans bredd vuxit för varje nyinstallerad maskin. Trots detta är det tydligt, att kapaciteten för plastbeläggning av papper och kartong snabbt måste omprövas. Om vi som utgånspunkt tar behovet 134 000 ton år 1971 och räknar med att plastens andel i medeltal utgör 15 % av produktens vikt, betyder detta en produktion av c. 900 000 ton plastbelagda pappers- och kartongkvaliteter. Maskinparken för plastbeläggning borde alltså utökas till ett 20-tal anläggningar före 1971.

Nödvändigheten av en dylik utveckling framgår ytterligare vid jämförelser med t.ex. USA, Kanada och Sverige. För plastbeläggning på papper och kartong fanns år 1964 i USA 213, i Kanada 13 och i Sverige 11 st. strängsprutpressar (Market Profile ... 1966 s. 25). Om man ställer antalet pressar i relation till pappers- och kartongproduktionen erhålles följande siffror, då tidningspappersframställningen lämnas obeaktad.

Tabell 41. Antalet strängsprutpressar i USA, Kanada, Sverige och Finland jämförda med pappers- och kartongproduktionen år 1964 (exlusive tidningspapper).
Table 41. Number of extrusion presses in USA, Canada, Sweden and Finland compared to production of paper and paperboard 1964 (omitting newsprint).

	Pressar st. *Presses*	Produktion 1 000 ton *Production 1 000 tons*	Produktion/press 1 000 ton *Production/press 1 000 tons*
USA — *USA*	213	33 522	159
Kanada — *Canada*	13	2 341	180
Sverige — *Sweden*	11	2 264	206
Finland — *Finland*	5	1 900	380

Produktionen av tryck- och skrivpapper kunde eventuellt också förbigås, då plastbeläggning på dessa kvaliteter knappast förekom för några år sedan. Oberoende härav kvarstår dock det förhållande, som framgår av tabellen, d.v.s. att USA år 1964 hade mer än dubbelt flere strängsprutpressar än Finland per produktionsenhet. En jämförelse bakåt i tiden visar, att ställningen i USA år 1956 motsvarade den nuvarande finska.

Med tanke på plastfoliens växande konkurrenstryck på päs- och säckområdet förefaller en horisontal integration på detta område vara att rekommendera för skogskoncernerna. Den erfarenhet, som sålunda vinnes från plastområdet, bör komma väl till pass på beläggningssidan. Som av undersökningen framgått, finns numera en lång rad produkter, där papper, kartong och plast kombineras, varför överhuvudtaget ett samgående mellan plast- och pappersindustri kan rekommenderas. Utvecklingen kan å andra sidan tänkas leda till, att det enligt amerikanskt mönster uppstår helt fristående företag, där plast och papper vidareförädlas.

Framställningen av plastvirke kan, som redan framhållits, kanske lämpligast kombineras med sågindustrins verksamhet. I den mån strålningsförfarandet kommer att tillgripas, betyder detta en industriell pioniärverksamhet, som säkerligen mången företagsledare ryggar tillbaka för. Än så länge torde en hälsosam respekt för allt som har med atombestrålning att göra vara rätt utbredd. I själva verket finns dock redan ett flertal företag utomlands, som är beredda att leverera dylika strålningskällor färdigt installerade på platsen. En produktion enligt katalysatorförfarandet står dock närmare ordinär kemisk industri och verkar mindre avskräckande.

Någon avgörande förändring av sågindustrins livsvillkor kommer plastvirket knappast att medföra. En framtida enorm årsproduktion av 350 000 m³ plastvirke, d.v.s. ungefär lika mycket som hela virkesimpregneringen i Finland år 1966, berör fortfarande bara 1/20 av den totala sågvarukapaciteten. Hela sågvaruproduktionen på lövträdssidan rör sig tillsvidare om 100 000 m³ per år, och som framgått lönar sig knappast barrträdsimpregnering. Plastvirke kan därför medföra en ökning av den sågade lövträdsandelen.

Plastens framträngande på virkesområdet inverkar i hög grad på råvirkesbehovet om också detta i många fall endast framgår indirekt. Det är klart, att inom t.ex. pappers- och kartongområdet den samarbetande plastandelen betyder en inbesparing av motsvarande cellulosaandel. Likaså kan man förutsätta, att den konkurrerande andelen ersatt en minst lika stor kvantitet papper. Om man räknar med att det i medeltal åtgår 4 m³ virke per cellulosaton, har den virkesbundna plasten inom dessa områden inbesparat följande kvantiteter råvirke:

1960	1 000 m³
1967	88 000 »

Om volym och kvalitetsolikheter beaktas, stiger talen ytterligare. Enligt prognosberäkningarna skulle inbesparingen år 1971 vara uppe i 728 000 m³. Den konkurrerande andelen framgår endast indirekt i minskad pappersåtgång, men den samarbetande andelen 536 000 m³ bör kunna beaktas vid framtida beräkningar av virkesbehovet. Då pappers- och kartongproduktionen år 1971 beräknats till 4 milj. ton, är i själva verket härav 134 000 ton plast med åtföljande minskad åtgång av cellulosa. Slutproduktens försäljning sker som bekant på viktbasis.

I tekniskt hänseende medför den ökade plastbeläggningen ett större behov av cellulosa och minskad efterfrågan på slipmassa med åtföljande större granvirkesbehov. Då virkesåtgången per ton framställd massa vid cellulosakokerierna är större än vid sliperierna, leder denna tendens till en ökning av virkesåtgången. Om vi utgår från att skillnaden är 35 % minskar virkesinbesparingen på den samarbetande sidan med 187 000 m³ till c. 350 000 m³.

Samma virkesinbesparande tankegångar som för plastbelagt papper kan tillämpas på skivområdet. Med en medelåtgång av 2.3 m³ per ton skivprodukter har plasten år 1967 ersatt 39 900 m³ virke, varav dock endast 16 400 m³ i samarbetande sammanhang. Den konkurrerande andelen ersätter i stor utsträckning sågvirke för byggnadsändamål. I Finland rör sig förbrukningen på detta område om 1.2 milj. m³ årligen (Ervasti 1963 s. 19). En direkt minskning av konsumtionen är alltså att vänta trots ökad byggaktivitet. Detta accentuerar ytterligare den allmänna tendensen att substituera trävirket i husbyggen. År 1971 är enligt prognosen den virkesbundna plastens betydelse på skivområdet av storleksordningen 55 000 m³ samarbetande och 40 000 m³ konkurrerande virke.

Plastlimmen kan knappast anses inverka på virkesåtgången annat än indirekt, genom att skivprodukterna förbättrats kvalitetsmässigt. Faner och spånskivor säljes vanligen efter yt- eller kubikmått, där alltså den viktökning, som plastlimmen medfört, inte spelar nämnvärd roll.

På övriga områden, där virkesbunden plast förekommer, överväger den undanträngande tendensen. Ervasti (1963 s. 19) har beräknat, att för framställning av förpackningar åtgick år 1963 160 000 m³ sågat virke. Huvuddelen av denna virkesmängd kommer år 1975 att kunna användas på andra områden. På profilområdet sker likaså en direkt undanträngning av sågvirke om också tillsvidare endast av storleksordningen ett par 1 000 m³ årligen. På båtsidan kommer virkesinbesparingen att vara av 20 000 m³:s klass, så fort huvuddelen (90 %) av båtarna byggs av plast. Ungefär 1/4 härav utgör minskad import av utländska träslag. Storleksordningen av virkesåtgången inom diverse andra områden, där plasten tränger in, framgick i tabell 24

s. 59. En ytterligare nedgång med 50 % betyder c. 50 000 m³ i minskad virkesförbrukning.

Beträffande plastvirket konstaterades redan, att det samma kommer att inverka på importen av utländska träslag. Under senaste år har denna varit av följande storleksordning:

1965 ..... 17 900 m³
1966 ..... 22 500 »

Värdemässigt representerar denna kvantitet 5—6 gånger större volym än motsvarande inhemska virkesslag. Det är troligt, att plastvirkesbranschen kommer att influera på skogsskötseln och beståndsuppdragandet. Det lönar sig att specialodla snabbväxande träd med lös kärnved som råmaterial, så att impregneringen underlättas. En värdestegring för våra mindre använda lövträd kan också tänkas.

Allt som allt kommer utvecklingen av den virkesbundna plasten inom 5 år, direkt eller indirekt, att inverka på användningen av c. 1 milj. m³ virke årligen.

På exportsidan är den största förändringen tillsvidare synlig inom gruppen »4807—700 plastöverdragna papper och papp». Detta framgår av följande siffror, där också gruppen för impregnerade och vaxade papper medtagits (4807—200). (Källa, Tullstyrelsens statistiska material).

Tabell 42. Finlands export av plastbelagt samt impregnerat eller vaxat papper och kartong 1960—67 i ton.
Table 42. Finnish exports of plastic coated and impregnated or waxed paper and paperboard 1960—67 in tons.

	Plastbelagt *Plastic coated*	Impregnerat l. vaxat *Impregnated or waxed*
1960	197	2 646
1961	867	4 560
1962	1 312	5 140
1963	2 127	6 961
1964	5 169	7 563
1965	10 417	11 795
1966	23 903	11 258
1967	(31 000)*	(10 300)*

* Prognos

Exporten har som synes på plastsidan ökat under en följd av år med över 100 % årligen. Om denna tendens fortgår, når 1971-års exportsiffror 600 000 —700 000 ton. Av intresse är att konstatera att exportens fördelning på länder helt skiljer sig från den vanliga ifråga om pappersprodukter. År 1966 var sålunda de viktigaste köparna följande:

Norge	11 060 ton
Sovjet	2 845 »
Väst-Tyskland	2 651 »
Sverige	1 585 »
Danmark	1 156 »

Också på fanerområdet har utförseln av ytbehandlade kvaliteter vuxit med god fart, vilket följande ungefärliga siffror utvisar (enligt uppgifter av Finlands Fanerförening):

1960	500 m^3
1961	1 000 »
1962	4 100 »
1963	12 000 »
1964	19 000 »
1965	29 000 »
1966	36 000 »

Ungefär 8 % av den totala fanerexporten består numera av ytbehandlade kvaliteter.

Exportmöjligheterna för plastpapperstygen och plastvirke kan ännu inte bedömas.

6. MÖJLIGHETERNA FÖR EN INHEMSK PLASTRÅVARU-FRAMSTÄLLNING

61. Produktionen i grannländerna och europeiska perspektiv

Som av denna undersökning klart framgått ökar behovet av olika plastråvaror med accelererad hastighet. Över 50 % av den plast, som användes i Finland, är virkesbunden och redan i början på 1970-talet kan man förutsätta, att denna procent stigit till 75. Av den virkesbundna plasten ser dessutom den samarbetande andelen ut att öka i betydelse. Det förefaller på allt sätt onaturligt, att skogsindustrin, som representerar våra viktigaste exportvaror, skulle lämna sig mer och mer beroende av plastråvaruimport. Ytterligare tillkommer synpunkter på handelsbalansen och strävan att höja våra exportprodukters förädlingsgrad. Då man redan på plastlimsidan lyckats åstadkomma en betydande inhemsk produktion, frågar man sig, om detta inte är möjligt också för andra viktiga plastgrupper, i synnerhet för polymerisationsplaster. Starka skäl talar för att ett snabbt ställningstagande är nödvändigt.

Denna fråga är naturligtvis inte enbart en intern finsk angelägenhet utan i hög grad beroende av förhållanden inom andra länder enkannerligen våra grannländer och i vidare aspekt Europa och USA. För att få en orienterande uppfattning om utvecklingen i grannländerna skall vi till en början ge en översikt av den skandinaviska plastindustrin. En starkt koncentrerad framställning i tabellform ger följande siffror (PV 1966 nr 4 s. 1).

Tabell 43. Den skandinaviska plastindustrin år 1965 i ton.
Table 43. The Scandinavian plastics industry 1965 in tons.

	Sverige *Sweden*	Norge *Norway*	Danmark *Denmark*	Finland *Finland*
Produktion — *Production*	130 000	70 000	30 000	10 000
Import — *Import*	125 000	42 000	106 000	95 000
Export — *Export*	70 000	43 000	26 000	5 000
Konsumtion — *Consumption*	185 000	69 000	110 000	100 000
per capita kg — *per capita kg*	25	20	25	22

Som synes har de andra nordiska länderna en mångdubbelt större egen produktion av plastråvara än Finland. Denna fabrikation omfattar också grupperna PE, PVC och PS enligt följande.

På PE-området är Unifos Kemi Ab i Stenungsund störst. Starten skedde år 1961, och redan medan det första byggnadsskedet pågick, beslöts att kapaciteten skulle fördubblas. Den är nu utbyggd till 50 000 ton men planeras nå 90 000 ton år 1970. Bolaget ägs till hälften av Union Carbid Corp. i New York, som bidragit med nödig yrkeskunskap. Den andra hälften ägs av Stockholms Superfosfat Fabrikers Ab. Etenbehovet svarar Esso för, som har en krackningsanläggning i Stenungsund.

En andra PE-fabrik finns i Danmark, nämligen Danbrittkem A/S med en kapacitet på 25 000 ton årligen. I detta företag är ICI i England delägare till 50 %.

I Norge påbörjades PVC-produktionen redan år 1950 av Norsk Hydro AS. Detta bolag utgick från karbid, som kunde framställas speciellt förmånligt i Norge. Kapaciteten är 27 000 ton men byggs ut till 50 000 under 1967. Framställningen är fortfarande baserad på karbid, men det är endast en tidsfråga, när petrokemisk råvarubas kommer in i bilden. C. 70 % av produktionen exporteras.

I Sverige började PVC-framställningen i blygsam skala år 1954 av Stockholms Superfosfat Fabrikers Ab. Sedermera har kapaciteten byggts ut till nuvarande 50 000 ton. Produktionen har varit baserad på karbid, men då detta numera anses oekonomiskt, har bolaget beslutat bygga en fabrik för monomer vinylklorid utgående från eten. Anläggningen väntas köra i gång under 1967 och produktionen beräknas nå 75 000 ton.

På PS-området finns endast ett företag, nämligen Svenska Polystyren Fabriken Ab i Kävlinge i Sverige. Företaget var ett av de första i Europa, då produktionen begynte i medlet av 1950-talet på licens från Koppers International C. A. i USA och har nu en kapacitet på 10—12 000 ton årligen. Från år 1964 äges bolaget av Chemische Werke Hüls AG i Väst-Tyskland. C. 50 % exporteras till 20 länder huvudsakligen i Europa.

Beträffande de mindre viktiga plasterna kan i korthet följande nämnas. På härdplastsidan upptogs i Sverige år 1917 vid Perstorp Ab (d.v.s. dåvarande Skånska Ättikfabriken Ab) och Ab Joh. Ohlssons Tekniska Fabrik framställning av fenolhartser för isolerlacker. År 1920 började Asea framställningen av kresolharts för laminattillverkning och 1922 Perstorp Ab fenolharts för pressmassetillverkning. Vid Perstorp-företaget göres dessutom fenollim sedan år 1930 och fenolgjuthartser sedan 1938. Också Ab Klosters Fabriker har sedan 1937 framställt fenolhartser och pressmassor. Karbamid- och melaminplast hör till produktionsprogrammet hos tvenne företag, nämligen Stockholms Superfosfat Fabrikers Ab och Perstorp Ab. Ab Bofors gör sulfamid- och uretanplast.

I Norge tillverkar Norsk Spraengstoff och A/S Norsk Resinproduksjon karbamidlim, 20 000 respektive 10 000 ton årligen. Norsk Spraengstoff gör dessutom 2 000 ton fenolharts för laminatprodukter.

I fråga om armerad plast har alla länder i Norden utom Finland en egen produktion av omättad polyester. I Sverige finns Svenska Oljeslageri Ab (1951) och Ab Syntes (1953) i Göteborgstrakten. Dessa företag har tillsammans grundat en fabrik för ftalsyra-anhydrid (kapacitet 15 000 ton) som är en viktig råvara vid polyesterframställningen. Som biprodukt erhålles dessutom fumarinsyra. I Norge bygges en ny polyesterfabrik i samarbete med The Glidden Co i USA. Fabriken väntas komma i gång under 1967 och produktionen beräknas bli 20 000 ton polyester + 3 000 ton styv uretanskumplast. Nämnas kan ytterligare, att Scandinavian Glasfiber Ab i Falkenberg i Sverige är Nordens enda tillverkare av kontinuerlig glasfiber. Företaget ägs till 60 % av Asea och 40 % av Owens-Corning Fiberglas Corp. i USA. Efter pågående utvidgning väntas företaget kunna täcka Nordens behov av glasfiber. Ytterligare kan nämnas, att PMMA framställes vid Bofors-Tidaholmsverken Ab i Sverige. Ingen egen industri för framställning av de mindre grupperna ABS, PP och CA finns i Norden.

Då den nordiska produktionen av PE och PVC ställes i relation till de viktigaste väst-europeiska producenterna, erhålles följande bild av den totala situationen (K o m i 1966 s. 7 och H a r v a - K o m i 1966 s. 7).

Tabell 44. Beräknad PE- och PVC-kapacitet år 1967 för de viktigaste producenterna i Europa i 1 000 ton.
Table 44. Estimated PE and PVC capacity 1967 of important producers in Europe in 1 000 tons.

	PE	PVC
England — *United Kingdom*	400	330
Väst-Tyskland — *W. Germany*	347	657
Italien — *Italy*	246	535
Frankrike — *France*	235	375
Benelux länderna — *Benelux*	175	70
Norden — *Scandinavia*	75	100
Summa — *Total*	1 478	2 067

Dessa kapacitetssiffror innefattar betydande utvidgningar, som genomförts under senaste år. Ytterligare utbyggnadsplaner finns i många fall färdiga i synnerhet på PVC-sidan. T.ex. i England väntas under 1968 tillkomma ytterligare 100 000 ton genom utvidgningar av redan förefintliga fabriker. Dessutom planeras en helt ny fabrik med 100 000 tons kapacitet, men ingenting definitivt finns att gå efter. I Väst-Tyskland har Chemische Werke Hüls AG annonserat utvidgningsplaner från nuvarande 170 000 till 500 000 ton i ett senare skede. Med beaktande av konsumtionen väntas situationen på den västeuropeiska marknaden år 1970 och 1975 utveckla sig på följande sätt (jfr BP 1966 juli s. 382 och H a r v a - K o m i 1966 s. 7).

Tabell 45. Beräknad PE- och PVC-konsumtion år 1970 och 1975 i Europa i 1 000 ton.
Table 45. Estimated PE and PVC consumption 1970 and 1975 in Europe in 1 000 tons.

	1970	1975
PE		
EFTA-länderna — *EFTA*	670	1 000
EEC-länderna — *EEC*	1 190	1 880
Övriga Väst-Europa — *Other W. Europe*	120	200
Summa — *Total*	1 980	3 080
PVC		
EFTA-länderna — *EFTA*	550	750
EEC-länderna — *EEC*	1 500	2 150
Övriga Väst-Europa — *Other W. Europe*	100	150
Summa — *Total*	2 150	3 050

Övriga storproducenter på detta område är USA och Japan. USA, som tidigare dominerade såväl PE- som PVC-marknaden i världen har småningom blivit efter utvecklingen i Europa. År 1965 steg Europas andel till 60 % av den amerikanska PE-produktionen, men år 1970 beräknas, att USA:s andel kommer att vara endast 40 % av hela produktionen på västsidan. På PVC- sidan dominerade Europa redan år 1965 med 43 % mot USA:s 27.5 % av världsproduktionen (över 3 milj. ton). Tack vare den tidigare amerikanska dominansen på dessa områden har USA fått betydande fotfäste som exportör på de europeiska marknaderna, och man måste tydligen också i framtiden räkna härmed trots de höga transportkostnaderna.

Utvecklingen i Japan har redan fört upp landet på tredje plats i världsstatistiken för plastproduktion. Den inhemska konsumtionen har emellertid tagit hand om huvuddelen av produktionen och exporten riktar sig till närliggande länder. Någon position på den europeiska plastmarknaden kan man knappast vänta sig att Japan skall kunna uppnå, trots kända betydande exportresultat på många andra områden.

Som i inledningen framgick, är plastframställningen i de s.k. Östländerna ännu obetydlig i förhållande till folkmängden. Produktionstillväxten bör följaktligen i huvudsak absorberas av det större plastbehov, som den höjda levnadsstandarden medför. Vissa länder som Öst-Tyskland, Rumänien och Jugoslavien har dock visat ett starkt exportintresse inte minst på den finska marknaden.

För Finlands del fördelade sig importen av PE och PVC (gruppen 3902 i tullstatistiken) på följande viktiga länder år 1966:

Väst-Tyskland	17 304 ton
Sverige	14 327 »
USA	8 624 »
England	5 182 »
Italien	4 774 »
Norge	3 086 »

Som synes är förhållandet mellan EEC- och EFTA-grupperna rätt jämnt. USA:s andel kan väntas minska allteftersom den europeiska produktionen ökar. Om man jämför den beräknade produktionstillväxten i Europa med väntad konsumtion, finns ingen orsak att frukta något betydande kapacitetsöverskott i synnerhet inte på PE- sidan. I Europa har konsumtionstillväxten för PE under senaste år hållit sig kring 32 % årligen. Så länge en dylik tillväxttakt råder, har producenterna fullt arbete att hinna med i utvecklingen. På PVC- sidan är tillväxttakten lugnare, den beräknas till c. 20 % (jfr BP 1966 juli s. 385), men också detta bör räcka för att hålla tillgång och efterfrågan i jämnvikt, om också producenterna måste räkna med en hårdare konkurrens om marknaderna.

Som av det föregående framgått, kommer en eventuell inhemsk produktion knappt att märkas i internationella sammanhang. År 1970, det tidigaste året då en anläggning kan köra i gång, betyder en produktionsökning på 100 000 ton c. 1/2 % i världsproduktionen av plast. Nämnas kan, att totala antalet petrokemiska anläggningar uppgick år 1964 i Europa till 77 stycken och i USA till 95 stycken.

62. Allmänna synpunkter på en produktion i Finland

För en ekonomiskt lönande framställning av polymerisationsplaster fordras en s.k. krackningsanläggning, som utgår från nafta. Detta ämne uppstår som biprodukt vid oljeraffinaderierna i betydligt större mängd än vad som kan användas. Härpå beror i huvudsak plastprisens sjunkande tendens. Av hela världens oljetillgångar användes bara några % för framställning av plaster. Efterfrågan avgör alltså helt produktionen, någon fara för brist på utgångsmaterial finns inte. Också i Finland förädlas redan över 5 milj. ton olja årligen.

Som vid de flesta kemiska processer uppkommer vid krackningen av nafta ett flertal produkter i ungefär följande proportion (H e y m a n 1965 s. 772):

Eten	25—30 %
Propen	c. 17 »
Butadiene + C_4 — kolväten	c. 10 »
Bensin + diverse gaser och oljor	18—20 »

Detta möjliggör framställandet av följande ämnen:

PE, såväl LD som HD
PVC
PS
PVAC
PP
Eten- och propenglykol
Syntetiskt gummi

För att framställningen skall bli ekonomiskt lönande, måste en så stor andel som möjligt av de ämnen, som uppstår vid krackningen, utnyttjas. I själva verket är dock etenproduktionen den överlägset viktigaste. Eten åtgår för framställning av PE 110 %, PVC 50 % och PS 33 %. För PVC behövs dessutom klor, som dock redan produceras i landet. Att en PVC-produktion baserad på acetylenframställning genom pyrolys av nafta numera är ekonomiskt förmånligare än på karbidbas, anses klart påvisat både i Sverige och Norge (jfr Råny 1965 s. 680).

Frågan om företagets kapacitet är viktig. Produktion av polymerisationsplaster räknas som tung kemisk industri, vilket betyder, att en viss grundstorlek är nödvändig för ett ekonomiskt utbyte. Enligt en amerikansk undersökning (PV 1965 s. 932) är produktionskostnadernas beroende av storleken följande:

Etenproduktion ton/år	50 000	100 000	200 000	300 000
Etenpris cent/lbs	4.1	3.3	2.8	2.5

Förhållandet är här samma som för en lönande pappers- och cellulosatillverkning (jfr t.ex. FAO 1955 s. 194). Minimum för en ekonomiskt lönande kracker anses inom kort komma att ligga vid 200 000 ton. Den svenska krackerns kapacitet är nu 110 000 ton eten men planeras att byggas ut till 200 000. Enligt Heyman (1965 b s. 773) skulle detta inte lämna rum för ytterligare anläggningar i Norden, då etenförbrukningen för närvarande täckes av en dylik kapacitet. Heyman räknar dock med att förbrukningen snabbt kommer att öka och anser etenbehovet i Norden år 1975 röra sig kring 500 000 ton, vilket troligen skulle vara den lämpligaste fabriksstorleken vid denna tidpunkt. Endera måste alltså den svenska krackern ytterligare utvidgas eller en ny anläggning grundas i andra delar av Norden.

I själva verket är vinsten av att i oändlighet förstora anläggningar inte alls självskriven. Van Dalen (1965 s. 408) har påvisat, att produktionskostnaderna per ton eten sjönk från £ 81 till £ 32, då kapaciteten ökade från 20 000 till 100 000 ton, men att en ökning till 200 000 ton endast sänker kostnaderna till £ 25. Likaså har kapitalkostnaderna under perioden 1955—1964 sjunkit från £ 108 till £ 35 per ton, men någon ytterligare nedgång genom fabriksförstoringar kan man inte räkna med. Van Dalen kalkylerar sålunda med att 1975 års produktionsanläggningar kommer att arbeta med 200 000 tons årskapacitet.

Lokaliseringen av den svenska krackern till Göteborgstrakten är säkerligen lyckad, då hälften av Nordens befolkning där, ligger inom en 400 km:s radie, men ur finsk synpunkt är vi helt utanför. Någon möjlighet att påbörja en särskild PE-produktion på basen av importerad eten förefinns knappast. Transporten av etengas är synnerligen besvärlig och måste endera ske vid låga temperaturer eller vid högt tryck. Den fortsatta förädlingen

av produkterna från en krackningsanläggning bör alltså förläggas till dess omedelbara närhet. Allt detta talar för att en egen kracker bör byggas i Finland.

Då man betraktar den starka ställning, plastråvarufabrikanterna i våra grannländer och överhuvudtaget i Europa redan har, finner man, att det inte är skäl att bygga en inhemsk produktion på hopp om goda exportmöjligheter. Att som Keinonen (1966 s. 69) räkna med att 30 000 ton av produktionen i början skulle exporteras förefaller väl optimistiskt och ger inte en reell bas för företagets uppbyggnad. Tvärtom blir det ingen lätt sak att ens tränga undan de i Finland redan etablerade importörerna. Å andra sidan åtgår för konstruerandet av nödiga fabriker minst 3 år, varför vi redan nu kan kalkylera med den inhemska plaståtgång som beräknats för år 1970 (jfr Raade 1966 s. 470). Vid denna tidpunkt är den sammanlagda konsumtionen av PE och PVC över 100 000 ton, vilket betyder ett årligt etenbehov på c. 80 000 ton. Grundkapaciteten för en krackeranläggning i Finland kunde alltså väl läggas vid 50 000 ton med färdigt planerade fördubblingsmöjligheter vid behov. En dylik utgångsstorlek lämnar fortfarande rum också för en begränsad import, vilket säkerligen är en mera realistisk inställning åtminstone i början. Framhållas bör dock att det är avsevärt billigare att direkt bygga en fabrik för 100 000 ton än att fullfölja utbyggandet i två etapper.

I fråga om vidareförädlingen av krackerprodukterna är det tydligt, att man inte mera kan grunda enheter på några tusen ton som i plastindustrins barndom, då priset på den färdiga produkten låg på en mycket högre nivå än nu. Men å andra sidan ger kapacitetstalen från den europeiska industrin ingen övertygande bild av att mindre enheter ännu i detta läge skulle vara omöjliga inom plastvärlden. Medelkapaciteten för PE- och PVC-produktionen i Europa förefaller att ligga vid c. 70 000 ton med stora kastningar åt vardera hållen. PS-fabrikerna är i regel betydligt mindre. T.ex. i England är medeltalet 15 000 ton. För Finlands del gäller det närmast att undvika en splittring på ett för stort antal kvaliteter och koncentrera produktionen på råvara för beläggning, folier och rör. Då utvecklingstendensen visar, att LDPE kommer att konsumeras mest, skulle tydligen produktionen börja med denna produkt. Ett samarbete med skogsindustrin för att beakta områdets speciella behov är säkerligen att rekommendera.

Med tanke på den stora utländska konkurrensen är en god kvalitet en grundförutsättning för att locka konsumenterna att övergå till inhemsk vara. Någon möjlighet att kunna konkurrera med lägre priser kan man inte räkna med. Som redan framgått är det möjligt att PE- och PVC-prisen ytterligare faller på världsmarknaden under närmaste år. Den största direkta fördelen för konsumenterna av en inhemsk produktion är de snabbare leveransmöjligheterna och därav föranledda mindre lagerkostnader vid fabrik. Härtill

kommer eventuella lägre transportkostnader. En viss goodwill att köpa inhemskt bör kunna räknas med, om kvaliteten är tillfredsställande.

Tydligt är att, ett samgående med något utländskt storbolag allvarligt bör övervägas på basen av de erfarenheter, man samlat i övriga nordiska länder. Nödig yrkeskunskap, så att slutprodukten snabbast möjligt motsvarar utländska kvaliteter, kan knappast erhållas på annat sätt. R a a d e (1966 s. 470) ställer sig dock tveksam till nyttan av utländskt deltagande, om inte garanti för exportmarknader kan vinnas på detta sätt. Ovilja mot att låta utländska företag få fotfäste i Finland kan diktera ett dylikt ställningstagande. De nationalekonomiska aspekten vid ett samgående med internationella företag bör dock inte överskattas. Avgörande är produkternas inverkan på handelsbalansen och de arbetstillfällen som skapas, aktionärernas nationalitet har numera ringa betydelse. På beskattningsväg kan man begränsa eventuella för stora vinstandelar. Man instämmer reservationslöst med K e i n o n e n (1966 s. 72) då han skriver »Tärkeintä on, että yrityksestä muodostuu kotimainen l i i k e t a l o u d e l l i s e s t i terveellä pohjalla oleva kehityskykyinen muoviraaka-ainetehdas, jonka tuotteet ovat kilpailukykyisiä, . . .»

Också ur ekonomisk synpunkt kan det visa sig nödvändigt att få utländsk hjälp. Grundinvesteringen för en krackningsanläggning med tillhörande förädlingsfabriker är av betydande storleksklass. R a a d e (1966 s. 470) anser, att behovet rör sig om 200—300 milj. mark, varav den inhemska andelen skulle utgöra 60 %. Om man jämför med de svenska kostnaderna för fabrikerna i Stenungsund, finner man att grundinvesteringarna i början av 1960-talet utgjorde 200 milj. kronor, varjämte 170 milj. kronor väntas åtgå för utvidgningsplanerna. Enbart höjningen av etenproduktionen till 110 000 ton per år kostar 100 milj. kronor. Det är tydligt, att finansieringsfrågan kan utgöra den största svårigheten för projektets förverkligande. Ett samgående mellan olje- och skogsindustrierna plus eventuell utländsk hjälp borde dock möjliggöra en lösning (jfr E r k k o 1967 s. 6). Att investeringen handelspolitiskt förefaller sund, framgår av att om inte produktionen fås igång importen redan i början av 1970-talet årligen kommer att kosta ungefär investeringsbeloppen.

Som redan framhölls kan en petrokemisk utbyggnad i Finland väl baseras på det inhemska behovet av PE, PVC och PS. Detta hindrar naturligtvis inte, att naturliga exportmöjligheter undersöks. Transportkostnaderna visar en fortsatt sjunkande trend (M e i n a n d e r 1966 s. 447). Automattelefon och biltransporterna gör Norden till ett enhetligt marknadsområde, och t.ex. avståndet mellan Nådendal och Stockholm är mycket kortare än avståndet mellan Göteborg och Stockholm. Likaså kan man inte bortse från den enorma potentiella marknaden i Sovjet och öststaterna. ICI har visserligen hjälpt till att grunda några fabriker i dessa länder, men detta räcker ingenstans i fram-

tiden. Däremot har EEC-länderna ett 20 %:igt tullskydd på plastråvaror vilket praktiskt taget omöjliggör en export till denna grupp med nuvarande handelspolitiska gruppering. Betydande tullreduceringar har dock uppnåtts vid de s.k. GATT-underhandlingarna. Det kan emellertid väl tänkas utveckla sig en situation, där producenterna inte hinner med i kapacitetsutvidgningarna och en säljares marknad uppstår för en tid. I ett sådant läge kan exportfotfäste erhållas. Dylika tendenser kunde faktiskt konstateras på PE-marknaden för något år sedan och är tydligen ånyo aktuella åtminstone på marknaden i USA (jfr MP 1967 jan. s. 85).

Som framgått möjliggör en krackningsanläggning framställningen av ett flertal olika plaster eller andra organiska produkter. En diskussion av i vilken ordning dylika mera sekundära produkter inryckes i produktionsprogrammet skulle här föra för långt. Följande allmänna synpunkter beträffande de mindre betydande plaströvarugrupperna kan dock framhållas. Framställningen av härdpressplaster är förhållandevis enkel, men inget större intresse finns att investera i dessa, då efterfrågan stampar på stället. Totalbehovet är så pass litet, att dylika mängder väl kan inköpas utifrån utan större betydelse för handelsbalansen. Inte heller en utvidgning av de cellulosabottnade plasternas framställning kan rekommenderas, då behovet är alldeles för litet.

De plaster, som bygger på urea, kan tänkas komma i fråga, då väl Typpi Oy:s ammoniakfabrik körts igång. Huruvida en produktion kan upparbetas på basen av nuvarande konsumtion är dock tvivelaktigt.

Däremot bör en fabrik för omättade polyestrar kunna löna sig. Betydelsen på byggnadssidan har redan påvisats och behovet i Norden växer med 30—50 % årligen. Som framgick har Sverige, Norge och Danmark alla redan egen AP-produktion. Denna plastgrens betydelse kan växa oväntat snabbt, så fort produktionen av plastvirke kommer i gång. Investeringskostnaderna är inte tillnärmelsevis av den storleksordningen som för PE- och PVC-framställning.

Den etylalkohol, som kan utvinnas vid cellulosakokerierna är också en utmärkt teoretisk utgångsbas för många plaster (jfr Runeberg 1957 a), men de ekonomiska aspekten på en dylik produktion är numera mindre lockande, sedan oljebasen kommit in i bilden. Situationen kan dock helt förändras, allteftersom atomkraftverk möjliggör producerandet av billig värme. Man bör inte glömma att i träförädlingsfabrikerna ännu årligen går förlorade 2.5 milj. ton organiska ämnen, som kan förädlas på olika sätt (jfr Enkvist-Lindfors 1966 s. 639). I synnerhet en del sekundära plaster går att producera på dylik bas. T.ex. furfurol kan göras av björkråvara, av vilket Finland har tillräckligt för att ta hand om hela värdsproduktionen, d.v.s. 100 000 ton (jfr Ollila 1965 s. 1109).

Sammanfattningsvis kan konstateras, att en petro-kemisk utbyggnad i Finland i form av en

krackningsanläggning med tillhörande förädlingsverk inte begränsas av råvarutillgångar, så länge olja importeras till landet. Likaså bör inom några år ett tillräckligt stort inhemskt behov av de viktigaste förädlingsprodukterna förefinnas för att möjliggöra en konkurrenskraftig produktionsenhet. För de tekniska processerna kan allt efter behov utländsk hjälp anlitas. Inga allvarliga hinder utöver investeringssvårigheterna kan följaktligen påvisas.

7. SAMMANDRAG OCH KONKLUSIONER

Undersökningens ändamål var att kartlägga plastens framträngande på virkesområdet dels som konkurrerande, dels som samarbetande material. Detta förhållande kunde väntas inverka såväl på skogsindustrins uppbyggnad som på råvirkesbehovet, och dessutom avgörande influera möjligheterna att bredda den inhemska plastråvaruproduktionen. Då någon möjlighet att bygga undersökningen på officiell statistik inte förelåg, insamlades primärmaterial från de viktigare företagen på området.

Den allmänna bakgrunden skisserades i korthet i andra kapitlet med en översikt av polymerkemin och den finska plastindustrin. Som av tabell 3 s. 23 framgår, är den inhemska råvaruproduktionen koncentrerad på plastlimsidan, medan fortfarande ingen egen framställning av de primära polymerisationsplasterna PE, PVC och PS förekommer. Detta har naturligt nog medfört, att importsiffrorna sprungit i höjden (tabell 4 s. 24).

Tredje kapitlet gav en orienterande översikt över vilka områden som främst berörs av plastens och virkets konkurrens respektive samarbete. Begreppet »virkesbunden plast» har introducerats för att täcka vardera aspekten. Plastens framträngande synes ske längs två huvudlinjer: förpackningsområdet samt byggnads- och snickeriområdet. Också förbrukningen av plastlim för faner- och spånskivor har nått betydande kvantiteter. På förpackningssidan är det i synnerhet de plastbelagda pappers- och kartongprodukterna, som tilldrar sig ökat intresse. Samtidigt utvecklas en rent konkurrerande linje på päs- och säckmarknaden, där plastfolie får allt starkare fotfäste. Utvecklingen på förpackningssidan är synnerligen viktig för hela pappers- och kartongindustrin, då över 50 % av produktionen användes inom detta område.

Plastbeläggningen av papper och kartong är i Finland koncentrerad på 4 skogskoncerner, vilka sammanlagt disponerar över 5 strängsprutpressar. Kapacitetsberäkningar blir helt beroende av producerad kvalitet, men storleksordningen 100 000 ton/år kan anges som medeltal.

Folieproduktionen är fördelad på 12 företag, av vilka 2 ägs av skogskoncerner. Detta tyder på att man på skogsindustrisidan begynt inse plastens växande betydelse. De flesta folieproducenterna vidareförädlar själva produkten till påsar och säckar.

Plast godkännes inte ännu helhjärtat som byggnadsmaterial. Dock kan redan en kraftig infiltrering påvisas för olika ändamål och i synnerhet på skivområdet förekommer virkesbunden plast i stor utsträckning. En av plastens stora fördelar är, att hela byggelement kan färdigställas fabriksmässigt, vilket medför stora kostnadsinbesparingar. I en snar framtid väntas, att byggnadsbranschen kommer att utgöra plasternas viktigaste konsumtionsområde.

Producenter av skivor med plastandel i Finland framgår i tabell 19 s. 51. Skivorna har uppdelats i laminat- och egentliga plastskivor. Dessutom har cellplasten behandlats särskilt då denna i synnerhet viktmässigt radikalt skiljer sig från övriga skivprodukter. På byggnadssidan kan ytterligare profiler och möbler nämnas som områden, där virkesbunden plast trängt in.

Plastlimmen har endast berörts i korthet, då de bildar ett eget område och ingår i slutprodukten så att säga utan en egen dimension. Importen kan snabbt väntas minska, sedan den inhemska produktionen av formalin, metanol och ammoniak byggts ut.

Virkesbunden plast förekommer också på en rad områden av sekundär betydelse. I undersökningen har i korthet plastbackar och båtar behandlats. Då produktionen på en del andra områden är svår att överblicka, har i stället ett försök gjorts att uppskatta virkesåtgången, vilken visar en klart nedåtgående tendens under senaste decennium (tabell 24 s. 59).

Resultatet av materialinsamlingen är redovisat i kapitel 4. I fig. 2 s. 62 framgår användningen av virkesbunden plast på pappers- och kartongområdet under tiden 1960—67. Utvecklingen har varit häpnadsväckande snabb. Knappa 700 ton år 1960 har vuxit till 22 000 ton år 1967. Härav utgör den samarbetande andelen, alltså åtgången vid pappers- och kartongfabrikerna, 13 000 ton. Detta har medfört, att ett tidigare okänt förhållande mellan plast och pappersprodukter vuxit fram (tabell 27 s. 63).

Den virkesbundna plasten inom byggnads- och snickeriområdet framgår i fig. 3 s. 65. Också här har åtgången av plast ökat från 4 000 till 18 000 ton under 1960-talet. Den samarbetande andelen uppvisar den snabbaste tillväxten. Då man jämför den virkesbundna plastandelen med hela produktionen av träfiberskivor och uttrycker förhållandet i %, har denna vuxit från 0.8 till 2.3 under detta decennium. Om ytterligare plastlimmen beaktas, är förhållandet 8—9 %.

De sekundära områdena uppvisar självfallet betydligt mindre siffror. Sammanlagt c. 3 000 ton virkesbunden plast åtgår nu årligen. Totalt har den virkesbundna plastens andel av importen under tiden 1960—67 vuxit från 27 till 55 %.

I tabell 33 s. 67 har ett försök gjorts att klarlägga fördelningen av virkesbunden plast enligt råvaruslag. Tydligt framgår, att PE utgör den viktigaste gruppen med c. 55 % av totalkvantiteten.

Den snabba utvecklingen under senaste tid aktualiserar frågan om de framtida perspektiven. Säkert är att polymerkemin kommer att göra ytterligare landvinningar. I en snar framtid kan man räkna med eldfasta plaster, vilket kommer att öka användningen av skivor på byggnadssidan. Likaså är plastpapperstygen ett förhållandevis nytt område, som kan väntas växa explosionsartat. Den kanske intressantaste av de nya produkterna är plastvirke, som också i Finland befinner sig på ett långt framskridet experimentstadium. Denna metod, varvid virket impregneras med plastmonomer och sedan polymeriseras med katalysatorer eller genom bestrålning, ger enkla träslag en ädelträliknande struktur och andra förbättrade egenskaper. I synnerhet björken lämpar sig väl som råmaterial, och man frågar sig, om vi inte här har en ny exportprodukt, som kunde exploateras av landets sågindustri. Troligt är, att plastvirket kommer att minska den finska importen av ädelträ. I vidare aspekt kan denna produkt influera på hela den europeiska virkesimporten från tropiska länder. Prisfrågan är naturligtvis avgörande och ännu svår att överblicka.

Då plaståtgången i världen ökar med god fart också på områden, som inte är virkesbundna, är det klart, att prognoserna på längre sikt är ytterst optimistiska. I tabell 35 s. 79 framgår, att redan mellan 1980 och 1985 väntas de syntetiska materialen volymmässigt passera metallerna, varvid mänskligheten så att säga går in i plaståldern. Trots att man har svårt att i dagens läge acceptera dylika beräkningar, är det skäl att minnas, att alla tidigare prognoser på plastområdet visat sig vara tagna i underkant.

En granskning av den närmaste framtiden på de viktigaste virkesbundna plastområdena utvisar fortfarande inte någon satureringspunkt. Därför har en regressionsanalys utförts på basen av det material, som insamlats för tiden 1960—67. Prognosen har utsträckts till år 1975 och bör kunna accepteras för åtminstone halva denna tid, d.v.s. fram till år 1971. Nämnda år är enligt dessa uträkningar plastråvaruåtgången vid pappers- och kartongfabrikerna i Finland 134 000 ton (fig. 7 s. 92), vilket kan anses motsvara c. 900 000 ton plastbelagda produkter. Den virkesbundna plastandelen i hela pappers- och kartongproduktionen har år 1971 ökat till 4.1 %.

Den konkurrerande andelen på foliesidan är år 1971 48 000 ton. I fig. 9 s. 95 framgår den sammanlagda utvecklingen under tiden 1967—71. Motsvarande analys på skivområdet framgår av fig. 10 s. 100 och den totala åtgången av virkesbunden plast finns sammanställd i tabell 40 s. 102. Det beräknade plastbehovet år 1971 närmar sig 300 000 ton. Denna kvantitet är 2—3 gånger större än tidigare framlagda värderingar, där tydligen inte utvecklingen av den virkesbundna plasten tillräckligt beaktats.

De förändringar, plastens framträngande kan väntas medföra för skogsindustrin, virkesbehovet och utrikeshandeln, har diskuterats i kapitel 54. Tydligt är att kapaciteten för plastbeläggning inom pappers- och kartong-

industrin snabbt måste utökas. En betydande både direkt och indirekt råvirkesinbesparing kan också påvisas. Om man t.ex. beräknar pappers- och kartongproduktionen år 1971 till 4 milj. ton är i själva verket härav 132 000 ton plast med åtföljande cellulosainbesparing. Samma tankegångar kan tillämpas på skivområdet. En indirekt virkesinbesparing förekommer på de områden, där konkurrens mellan plast och virke pågår, men denna är betydligt svårare att överblicka. Plastvirke kan i en framtid tänkas minska importen av tropiska trädslag och i någon mån höja värdet på våra inhemska lövträd.

Exporten av plastbelagt papper och kartong har under 1960-talet ökat från 200 till 24 000 ton (tabell 42 s. 106). Om detta fortsätter i samma takt, är 1971-års exportsiffror över 600 000 ton. Samma snabba ökning av exporten kan konstateras för ytbehandlad faner. Den samarbetande virkesbundna plasten visar de snabbaste tillväxtsiffrorna, vilket skulle tyda på att plasten, trots sina konkurrerande aspekter kommer att stimulera åtgången av virkesprodukter. En framtida integration mellan plast- och skogsindustrier förefaller därför ändamålsenlig.

För att kunna ta slutlig ställning till möjligheterna för en inhemsk framställning av polymerisationsplaster, i första rummet PE, PVC och PS, har förhållandena i våra grannländer i korthet granskats. Såväl Sverige som Danmark har en egen PE-framställning. PVC framställes i Sverige och Norge samt PS i Sverige. Utgångspunkten för en produktion av dessa plaster är en anläggning för krackning av nafta. Europeiska perspektiv på PE- och PVC-kapaciteten framgår i tabell 44 s. 110.

Framställningsmöjligheterna är numera i hög grad bundna vid en tillräckligt stor kapacitet. Som av prognosanalysen framgick torde det inhemska behovet av dessa plastråmaterial redan år 1971 väl räcka för en anläggning av genomsnittsstorlek. Observeras bör, att planerings- och byggnadstiden måste beräknas till c. 3 år. Anläggningen kan sålunda helt planeras på basen av det inhemska behovet, vilket naturligtvis inte hindrar, att exportmöjligheter kan uppstå. Svårigheterna att tränga undan de väl inarbetade utländska importörerna bör inte underskattas.

Som slutliga konklusioner av undersökningen kan följande framhållas.

Vi är klart medvetna om att produktionen av våra halvförädlade stapelartiklar, sågade trävaror och cellulosa inte kan ökas i oändlighet. En höjning av exportinkomsterna blir mer och mer beroende av nyexport eller längre driven förädlingsgrad för gamla produkter. Ett intensivt forskningsarbete bedrivs världen runt för att höja träfiberns försäljningsvärde, och denna forskning koncentreras mer och mer kring polymerkemin. Som framgått har under detta decennium ett tidigare så gott som okänt förhållande mellan plast och virke vuxit fram, dels av konkurrerande och dels av samarbetande natur. Den analys som här genomförts visar, att vi måste vara beredda på

ett genombrott på detta område av sådan storleksordning, att det vore uppenbar dumhet att lämna oss beroende av import inom de viktigaste plastgrupperna. Det förefaller troligt att kostnaderna för 1 års plastimport redan i början på 1970-talet kommer att överskrida byggnadskostnaderna för en krackningsanläggning.

Några allvarliga hinder för en inhemsk råvaruframställning av PE och PVC har inte kunnat påvisas. En dylik industri existerar redan i de övriga nordiska länderna. Den största svårigheten bereder självfallet finansieringen. Ett samgående mellan skogsindustri och petrokemisk industri på detta område förefaller vara den naturliga lösningen.

LITTERATURFÖRTECKNING

Aaltio, E. 1966. Paperin ja muovien välinen kilpailu pakkausmateriaalina. Fibrilli s. 13.

Alfheim, Roar L. 1966. The growing demand for high-quality polyester resins. Pv nr 4 s. 78.

Anderson, Leigh C. — Martin, Joseph J. 1955. Polymerization by gamma rays. MP mars s. 94.

Andersson, Hans. 1965. Armerad plast. Pv nr 7—8 s. 722.

—»— 1966. The Scandinavian reinforced plastics industry. Pv nr 4 s. 75.

Arnestad, Karl G. 1964. Papir og plast. Konkurranse eller samarbeid? Norsk Skogindustri nr 9 s. 323.

Aschan, P. J. 1966. Bestrykning av papper och kartong. Tekniskt Forum nr 19 s. 569.

Bergstedt, Stig. 1965 a. Plastsäckar — en stor marknad för polymerer. Pv nr 2 s. 137.

—»— 1965 b. Plastsäcksmarknaden i Europa. Pv nr 9 s. 849.

Boom in machinery, the. 1966. MP mars s. 80.

Brydson, J. A. 1966. Plastics materials. London.

Calkins, C. R. — Anderson, W. E. — Verseput, H. W. 1966. Hot melt coating. EUCEPA. London.

Carty, T. 1966. What's the latest on plastic milk bottles? MP febr. s. 88.

Clad, W. — Gajek, C. — Wittmann, O. 1965. Vergüten von Holzwerkstoff-Oberflächen mit Thermoplast-Folien. Kunststoffe nr 3 s. 194.

Cosslett, E. 1965. Världsmarknaden för LD-polyeten. Pv nr 10 s. 953.

Dahlen van, J. D. 1965. Some technological and economical aspects of ethylene manufacture. KT nr 6 s. 390.

Developments in Eastern Europe. 1966. BP juni s. 337, 1967 febr. s. 84.

Duffin, D. J. 1967. Laminated plastics. New York.

Enkvist, Terje. 1966. Vallankumous tulossa. Mv nr 1 s. 16.

Enkvist, Terje — Lindfors, Tor. 1966. Framställning av organiska kemikalier ur cellulosa-avlutar genom alkaliebehandling. Papper och Trä nr 11 s. 639.

Eriksson, Gösta A. 1966. Finlands plastindustri — en översikt med ett lokaliseringsexempel. Åbo.

Erkko, Eero O. 1967. Piirteitä petrokemiasta. Öljyposti nr 2 s. 4.

Ervasti, Seppo. 1963. Suomen sahateollisuuden kausivaihtelu I. AFF 76.

European plastics-production and trends. 1966. BP maj s. 249.

Ewell, Gunnar. 1966. Akrylplasternas användning inom byggtekniken. Pv nr 2 s. 33.

FAO. 1955. Pulp and paper prospects in latin America. New York.

—»— 1966. Essential conditions for utilization of wood in building. Geneva.

Feldman, P. B. 1965. Biaxiellt orienterad polystyrenfilm och -skivor för pack. Pv nr 4 s. 349.
Forsell, Osmo. 1965. Tuotantotoimintojen väliset yhteydet Suomen talouselämässä. Panos-tuotostutkimus vuodelta 1959. Tilastollisia Tiedonantoja 42. Helsinki.
Forss, Kaj. 1966. Sulfiittiselluloosateollisuuden kemialliset tuotteet. KT nr 11 s. 990.
Gackenbach, R. E. 1963. A review of plastics as a material of construction. Chemical Engineering Progress nr 10 s. 96.
Graff, P. 1966. Kunststoff contra Papier? Papierverarbeiter nr 10 s. 3.
Greenwald, D. — Khana, O. 1966. The plastics industry in the U.S. economy — a ten-year look ahead. MP maj s. 144.
Gullström, Per. 1966. Något om plasters inverkan på stålförbrukningen i Sverige. Pv nr 7—8 s. 28.
Haglund, Göran. 1966. The market situation for thermosetting resins in the Scandinavian countries. Pv nr 4 s. 71.
Hald, A. 1962. Statistical theory with engineering applications. New York.
Hammenberg, Yngve. 1966. Der Verpackungsverbrauch in Schweden. Neue Verpackung nr 9 s. 1538.
Hanson, Per-Ulf. 1966. Säckar av papper, plastbelagt papper och plast. Pack kompendium s. 43.
Harva, O. — Komi, Raili. 1966. PVC Polyvinyylikloridi. Öljyposti nr 4 s. 4.
Hecht, Mike. 1967. Plastics-paper. Paperboard Packaging jan. s. 33.
Herman, D. F. — Dunlop, I. R. 1965. Polyethylene encapsulated cellulose — a new papermaking fiber. Tappi nr 7 s. 418.
Heyman, Axel. 1965 a. PVC-consumption in Scandinavia. Pv nr 4 s. 60.
—»— 1965 b. Petrokemin i Nordens plastindustri. KT nr 10 s. 769.
Houwink, R. 1966. The synthetics age. MP aug. s. 98.
Hudson, F. L. 1964. The impact of polymers in the paper industry. Chemistry & Industry nr 1 s. 13.
Hyvärinen, Simo. 1962. Paperivahvisteisten muovilaminaattilevyjen valmistuksesta ja käytöstä. Eripainos insinöörilehdestä nr 8. Helsinki.
Iisala, M. 1965. Paperinjalostus, pakkaukset ja PE. Paperituote nr 1.
IUFRO. 1967. Forcasting in forestry and timber economy. Preliminary report. Section 31. Stencilerad.
Jacobsen, Niels. 1966. Beläggning av papper och kartong genom extrudering av polyolefiner. Pack kompendium s. 4.
Jacobson, Ulf. 1965. Papper och plast — tekniska och ekonomiska möjligheter. Pack nr 11 s. 42.
Jalava, Matti. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.
Jansson, Jan-Fredrik. 1966. Mekaniska egenskaper hos plastmaterial vid långvarig mekanisk påkänning. Pv nr 1 s. 21.
Jensen, Waldemar. 1966. Skogsindustrins prognos positiv på längre sikt. Mercator nr 23 s. 461.
Jonsson, Olle. 1964. Armerad plast år 2000. Pv nr 5 s. 470.
Keinonen, Kerkko A. 1966. Tutkimus muoviteollisuuden ja muovialan kaupan rakenteesta Suomessa. Helsinki. I MS.
Knaapi, Hilkka. 1966. Pakatun maidon käyttö lisääntyy. Pakkaus nr 5 s. 28.
Koivisto, Olavi. 1966. Muovikalvojen valmistus tasokalvomenetelmällä. Pakkaus nr 1 s. 10.

Komi, Raili. 1966. Polyeteeni. Öljyposti nr 1 s. 4.
Korte, Erkki. 1966. Muovit pakkaustarvikkeina. Mv nr 12 s. 332.
Krogh, E. T. 1966. The polyethylene market in Denmark. Pv nr 4 s. 55.
Kulju, A. 1965. Muovit ja paloturvallisuus. Muovipäivät Tarmossa 25. 2. 1965. Helsinki.
Kunststoffe in der Landwirtschaft. 1964. Kunststoff-Rundschau nr 3 s. 141.
Larinkari, J. 1965. Yksityinen yrittäjä ja kemian teollisuus. Talouselämä nr 47 s. 1094.
Lefèvre, D. — Leysen, J. — Verstraete, J. 1964. Versuch einer Bewertung der Konkurrenz zwischen Stahl und Kunststoffen. Chemische Industrie XVI okt. s. 705.
Levlin, Jan E. 1966. Über das Eindringen von Druckfarbe in Papier. Das Papier nr 10a s. 761.
Lewin, L. 1959. Wood and plastics Vol. 7 C 2 dec. FAO 8th session. Wiesbaden.
Lindquist, Ronnie. 1965. Utvecklingen och användningsområden för polypropen i USA. Pv nr 3 s. 239.
Market profile of the boxboard container industry. 1965. Chicago, Illinois.
Meinander, Nils. 1966. Varthän leder lokaliseringspolitiken av dagens modell? Mercator nr 23 s. 447.
Mera II — metsätalouden rahoitusohjelma. 1966. Metsätiedoitustoimisto. Helsinki.
Meriluoto, E. 1966. Man-made fibers to-day and to-morrow. KT nr 23 s. 202.
Metsäpuiden taimien tuotantoa uudella menetelmällä. 1966. SP nr 5 s. 185.
Mickwitz, Gösta. 1959. Marketing and competition. Helsingfors.
—»— 1966. Produktionsutvecklingen och exportbehovet — basen för ekonomin under nästa decennium. Mercator nr 23 s. 425.
Mienes, K. 1961. Die Kunststoffdekade 1960/1970. Leistung und Vorschau. Kunststoffe nr 9 s. 469.
Miettinen, Jorma, K. 1967. Säteilypolymeroinnilla valmistettu muovipuu. Eripainos Paperi ja Puulehdestä nr 2. Helsinki.
Miettinen, Jorma, — Autio, Timo. 1966. Plastimpregnering och gammabestrålning som träförädlingsmetod. Tekniskt Forum nr 19 s. 587.
Muovit rakentamisessa. 1964. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus — Ingenjörorganisationernas Skolningscentral publikation nr 5. Helsinki.
Muoviyhdistys tiedottaa. 1958—67. Helsinki.
Nellbeck, Lennart. 1966. Trävaruexport — distributionsvägar och förbrukning. Del I. Stockholm.
Nyman, G. A. 1967. Eteenin ja propeenin katalyyttisesta hapettamisesta. Öljyposti nr 1 s. 4.
Olander, C-J. 1964. Byggnadsplaster. Tekniskt Forum nr 3 s. 265.
Oljan och plastindustrin. 1964. Pv nr 7—8 s. 674.
Ollila, Olli. 1960. Suomen kemian teollisuus ja muovit. Mv nr 5 s. 126.
—»— 1965. Kotimaisten raaka-aineiden hyväksikäyttöön liittyvästä kemian tutkimuksesta. Talouselämä nr 47 s. 1109.
Overton, B. W. 1966. U. K. development of the plastic sack. EUCEPA. London.
Perstorpsboken. 1966. Plastteknisk handbok. Karlebo-Serien 14. Kristianstad.
Plast i byggnader ur brandsynpunkt. 1962. Pv nr 2 s. 144.
Plastics an increasing threat to metals. 1966. BP april s. 200.
Plastics coated paper. 1965. BP okt. s. 598.
Plastics in building today and tomorrow. 1965. BP nov. s. 643.
Plastsopsäcken — ett alternativ. 1967. Pack nr 11 s. 16.

Plastteknisk Ordlista. 1958. Tekniska Nomenklaturcentralens publicationer nr 30. Västerås.

Pohjanpalo, Jorma. 1965. Muovien maailma. Helsinki.

—»— 1966 a. Rakennusteollisuus on nykyisin muovien suurimpia kuluttajia. Rakennustaito nr 13—14 s. 576.

—»— 1966 b. Neljännesvuosisata muovialan yhteistoimintaa. Muoviyhdistys r.y. 1940—1965. Helsinki.

—»— 1967. Maailman muovituotanto kaksinkertaistuu joka viides vuosi. Talouselämä nr 19 s. 484.

Pricing of plastics, the. 1963. BP aug. s. 433.

Raade, Uolevi. 1966. Petrokemisk utbyggnad i Finland? Mercator nr 23 s. 467.

Ranger, H. O. 1966. Development in extrusion coating of paper. EUCEPA. London.

Rinne, Mauri. 1965. Tekokuitujen ryhmittelystä ja ominaisuuksista. Mv nr 6 s. 159.

Romanowski, A. 1966. Productionsanlage für Kunststoff-Fensterrahmen. Kunststoffe nr 4 s. 276.

Ronayne, Walter M. 1964. Kestomuovilevypakkaukset—historia, nykyisyys ja tulevaisuus. Mv nr 6 s. 420.

Ronkka, Yrjö. 1966. Muovirakenteiden suunnittelu. Mv nr 3 s. 68.

Runeberg, L. 1957 a. Träförädlingsindustrin kan framställa råvara för plast. Mercator nr 50 s. 858.

—»— 1957 b. Kotimaisen muoviraaka-aineteollisuuden edellytykset. Mv nr 3 s. 16.

—»— 1966. Muovi ja puu. Paperi ja Puu nr 11 s. 717.

Ruotsin petrokemia. 1965. KT nr 7 s. 469.

Ruuskanen, Jaakko. 1966. Kraftliner-kartonki. Helsinki. I MS.

Rånby, Bengt. 1965. Den svenska organisk-kemiska industrins utveckling. KT nr 9 s. 671.

—»— 1966 a. Papper och plast i kombination och konkurrens. Särtryck ur Pack. Hälsingborg.

—»— 1966 b. Polymer — plast och gummi. Några synpunkter på nomenklatur och definitioner. Särtryck ur Elementa. Lund.

Saccenti, G. 1962. International survey on use of plastics in the building industry. MP april s. 148.

Sacharow, S. 1967. Flexibla plastfilmer-laminat och utveckling. Svensk Emballage Tidskrift nr 4.

Saechtling, Hansjürgen. 1966. Bauen mit Kunststoffen in den USA. Kunststoffe nr 3 s. 181.

Schwabe, D. Amtor—Sachtling, Hansjürgen. 1959. Bauen mit Kunststoffen. Berlin.

Sen, Robin. 1964. Plastics versus ferrous metals. BP mars s. 124.

Sherwood, P. W. 1965. Paper versus plastics in the U.S. packaging market. BP jan. s. 91.

Sininen Kirja. 1966. Helsinki.

Sjöberg, Holger. 1965. Vahat pakkausaineteollisuudessa. KT nr 10 s. 741.

Skeist, J. 1964. Plastics in the U.S. building industry. BP april s. 190.

Sneck, Tenho. 1966. Muovit rakennusteollisuudessa. Rakennustaito nr 13—14 s. 572.

Somersalo, A. 1966. Öljynjalostusteollisuus. KT nr 11 s. 1005.

Steinau, Peter. 1966. Kudottuja muovisäkkejä. Mv nr 1 s. 14.

Stoeckhert, Klaus. 1965. Plastbelagd plåt-tillverkning och marknadsmöjligheter. Pv nr 5 s. 468.

Streyffert, Th. 1957. Världens framtida virkesförsörjning. Kungl. Skogshögskolans skrifter nr 27. Stockholm.
Sundgren, A. 1966. Mikä on tärkein raaka-aine synteettisten tuotteitten miljoonavyöryssä? Öljyposti nr 2 s. 6.
Suomen Tullitariffi. 1965. Tullilaitoksen käsikirja II. Helsinki.
Suomen virallinen tilasto. 1960—65. Teollisuustilasto. Helsinki.
—»— 1960—66. Ulkomaankauppa. Helsinki.
Svenska Plastföreningen. 1956. Kort om plast. Stockholm.
Tammela, V. 1967. Muovipuun valmistuksesta ja ominaisuuksista. Mv nr 2 s. 48.
Tapion Taskukirja. 1965. Keskusmetsäseura Tapion julkaisuja. Helsinki.
Tengström, Börje. 1966. Uusia vanerin käyttömahdollisuuksia kuljetuskalustossa. SP nr 10 s. 330.
Trail, G. I. H. 1965. The EFTA plastics association. BP jan. s. 90.
User's guide to plastics in building. 1967. Special supplement. BP febr. s. IX.
Wakkola, Veli. 1966. Muoveista ja paperiteollisuustuotteista. SP nr 2 s. 39.
—»— 1967. Muovipuusta. Sahamies nr 5 s. 143.
Wallhäusser, H. 1965. Das Langzeitverhalten von Kunststoffen. Kunststoffe nr 8 s. 661.
Watson, H. 1965. Plastics in building. Canadian Plastics okt. s. 28.
Wessman, Gunnar. 1966. Beläggning på papper och kartong med plastdispersioner. Pack kompendium s. 16.
Wetterstrand, Herbert. 1966. Sjuttiotalets detaljhandel liknar föga dagens. Mercator nr 23 s. 477.
Where is flexible urethane headed? 1966. MP okt. s. 97.
Williamson, D. V. S. 1966. Polymers for hot melt coatings. EUCEPA. London.
World market survey. 1966. BP juli s. 382.
Wulkan, H. E. 1965. Entusiastiskt samarbete för byggplast i Holland. Pv nr 12 s. 1272.
Ödmann, Gert. 1966. The Scandinavian polyethylene market. Pv nr 4 s. 50.

Tidskrifter och serier

Acta Forestalia Fennica. Helsinki.
British Plastics. London.
Canadian Plastics. Toronto, Ont.
Chemical Engineering Progress. New York, N.Y.
Chemische Industrie, die. Düsseldorf.
Chemistry & Industry. London.
Economist, the. London.
European Chemical News. London.
Fibrilli. Helsinki.
Kemian Teollisuus. Helsinki.
Kunststoff-Rundschau. Hamburg.
Kunststoffe. München.
Leipä Leveämmäksi. Helsinki.
Modern Packaging. New York, N.Y.
Modern Plastics. New York, N.Y.
Mercator. Helsingfors.
Muovista Muistuu. Vaasa.
Muoviviesti. Helsinki.

Neue Verpackung. Berlin.
Norsk Skogindustri. Oslo.
Pack. Hälsingborg.
Pakkaus. Helsinki.
Paperi ja Puu. Papper och Trä. Helsingfors.
Paperboard Packaging. Chicago, Ill.
Paperituote. Valkeakoski.
Papier, das. Darmstadt.
Papierverarbeiter. Frankfurt am Main.
Plastnytt. Oslo.
Plastvärlden. Stockholm.
Polymerics. Chessington, Surrey.
Rakennustaito. Helsinki.
Sahamies. Pori.
Suomen Puutalous. Helsinki.
Svensk Emballage Tidskrift. Stockholm.
Talouselämä. Helsinki.
Tappi. New York.
Tekniskt Forum. Lovisa.
Tilastollisia Tiedonantoja. Helsinki.
Unasylva. Roma.
Yearbook of Forest Products Statistics. Rome.
Öljyposti. Helsinki.

Förkortningar

AFF = Acta Forestalia Fennica.
BP = British Plastics.
EUCEPA = Comité Européen de liaison pour la Cellulose et le Papier.
IUFRO = International Union of Forestry Research Organizations.
KT = Kemian Teollisuus.
MP = Modern Plastics.
Mv = Muoviviesti.
Pv = Plastvärlden.

Summary:

PLASTICS AS COMPETITIVE AND CO-OPERATIVE MATERIALS IN THE FINNISH FOREST INDUSTRY

1. INTRODUCTION

11. Aim and scope of study

During the past few years, production of plastic raw materials has increased faster than any other branch of industry. Total production of plastics in 1966 was over 16 million tons, and it is calculated that within 15 years it will have overtaken paper in weight of output. It is clear that the advance of plastics means that earlier materials are used less. From the very beginning forest products have been in danger here.

Another phenomenon characteristic of our time is the era of combiner materials. Different substances are combined at the production stage, so that the final product will unite all the best qualities of each material. This is a procedure widely adopted with plastics and timber products. Development, thus, follows two main lines:

1. Plastics replace timber entirely as raw material in the manufacture of a product (timber-competitive plastics)
2. Plastics and timber form a stable symbiosis (timber-co-operative plastics)

The expression »timber-tied plastics» is used to describe both these groups.

The relation of the plastics and forest industries to each other will in the future be largely determined by whether competition or co-operation eventually predominates. If combination products seem to be winning, then clearly a far-reaching integration is to be recommended. Surprisingly enough, the situation has been studied very little.

The rapid development in timber-tied plastics may be expected to affect the structure of the forest industry and the demand for timber. Every opportunity of raising the level of refinement in forest products is of special interest as regards the balance of trade, and it is clear that the most interesting potential lies in the various ways in which polymer chemistry can be combined with the forest industry.

The development affects a great number of fields, but the most important changes are taking place in the following branches:

1. The paper and paperboard industry
   (packaging products, plastic paper (non woven) fabrics)
2. The building and carpentering industries
   (sheets, profiles, furniture).

Within the paper and paperboard industry plastics in many forms have played a part in the emergence of new products. Here we have both timber-competitive and timber-co-operative quantities of plastics, often in complex designs. In the building and joinery industries it is especially different kinds of sheet products with a pro-

portion of plastics that are conquering the market. So far the weight proportion of plastics in the total amount of building material is only one or two percent, but the field has tremendous potential.

The consumption of plastic adhesive in the forest industry is also significant, but its products form a separate area which is not studied more closely in this paper.

The question of the establishment of a domestic plastic raw materials industry is linked with the development of the timber-tied plastics. The decisive question here is the stage at which a domestic use of plastics sufficiently large to allow economical production will develop. It is clear that infiltration of plastics among forest products can have a decisive influence.

Timber-tied plastics occur in all industrialized countries, so that this study, orientationally, is built largely on an international basis. Collection of the actual primary material, however, is limited to Finland.

The aims of the study are:

1. A basic description of the timber-tied plastics industry in Finland.
2. Analysis of how far both competition and co-operation have advanced, and what effect this has on the demand for timber and the structure of the forest industry.
3. The potential for building a domestic plastics industry on the basis of the analyses and prognoses presented.

12. Collection of material, criteria for comparison, and terminology

The concept of timber-tied plastics scarcely existed a decade ago, and the first real definition of different plastics came with the Brussels nomenclature in 1959. Official statistics in Finland offered no help, so a questionnaire was worked out and sent to 48 firms. Thus primary material was obtained from all factories of significant size.

In theory, comparisons between plastics and timber should be made on the basis of volume since the density of plastics in general lies between 0.8—1.5 g/cm^3, and, for the Finnish types of wood, between 0.4—0.6 g/cm^3. In practice, this is very difficult as the plastic goods which replace timber are normally much thinner. It is also impossible to calculate how large a volume of timber, for example, a plastic coating on a sheet replaces. The plastics/timber relationship is therefore analyzed chiefly on the basis of weight. Cellular plastics, with a density varying between 0.015—0.030 g/cm^3, demand separate consideration, however.

The terminology for plastics is now at an advanced stage thanks to international co-operation on standardization. A summary of the abbreviations used is given on p. 15. A number of less clear concepts have been more closely studied.

2. PLASTICS AND THE FINNISH PLASTICS INDUSTRY

21. Plastics technology and the basis of classification

Polymer chemistry has won so much ground that there are now more than 20 basic plastics falling into about 100 different plastics groups. There are, of course, many ways of drawing up a systematic classification. Pohjanpalo (1966) suggests the following six main groups:

1. Natural plastics
2. Polymerization plastics
3. Polycondensation plastics
4. Polyaddition plastics

5. Polyester plastics
6. Silicones

The three most important plastics groups, polyethylene (PE), polyvinyl-chloride (PVC) and polystyrene (PS), are all polymerization plastics. These three plastics make up over three-quarters of total world production. The polycondensation group, including, for example, phenolic and amino plastics, is also of great importance.

22. The Finnish plastics industry and an analysis of raw material imports

There are no reliable data as to the number of plastics firms in Finland. The official industrial statistics give about ninety firms annually for the 1960s, but this covers only establishments with a minimum of 5 workers. If we include »cellar firms», the number would probably rise to 300—400. The majority are localized in southern and southwestern parts of the country, as Fig. 1 on p. 22 shows.

Finnish production of plastics raw materials is insignificant and is entirely concentrated on the manufacture of plastic adhesives. There is as yet no domestic production of the primary plastics PE, PVC and PS. This has meant soaring import figures: in 1966 imports rose over 100 000 tons, and have increased 21 % annually during this decade. A significant proportion (30—40 %) of imports is, however, made up of raw material for plastic adhesives. A closer analysis of plastics imports during the 1960s is given in Tables 5—9 on pp. 25—27. The most important purchasing countries are Germany, Sweden and United Kingdom.

3. ORIENTATION REVIEW OF TIMBER-TIED PLASTICS AND FIRMS IN THIS FIELD

31. The types of plastics in question and their features

This chapter gives a brief review of the types of plastics chiefly used in the field of timber-tied plastics. The most important of the semi-synthetic plastics are cellophane and cellulose acetate. They exhibit both competitive and co-operative features, being mainly used as foil products in packaging.

The polymerization plastic most frequently used for foil manufacture and coating of paper and paperboard is PE. Practically speaking, this material has invaded all timber-tied areas. Here the co-operative aspect is dominant, although sacks and crates provide direct competition.

PVC is also suitable for foil but is mainly used in building for tubes, sheets, strips, profiles, etc. In a cold climate a certain caution has been advisable as to external use.

Regarding foils, plastics used also include PVDC and PVAC, each of which has outstanding special qualities.

Because of its cheapness, PS is a strong competitor of paper products. In particular, the use of foam polystyrene in the packaging industry means an important saving in weight.

In construction, polyester and acrylic plastics are particularly used, as well as PVC. A mixture of polyester and glass fibre gives an outstanding tensile strength. Acrylic plastic, again, has excellent climatic and light-fast qualities particularly suited for windows and skylights. In addition, great quantities of phenolic and melamine plastics are used in the production of various laminate products. Table 11 on p. 34 gives a number of technical data for some important construction plastics and pine timber (Pinus silvestris).

32. Development in the paper and paperboard industry

321. Co-operative and competitive areas of application and products.

The packaging industry is in the midst of current trends and on the combination side plastic-coated paper and paperboard products are especially important. A considerable number of manufacturing methods have been developed, but in Europe extrusion coating is more or less in sole possession of the field. The »hot melt» procedure, however, is thought to be capable of offering serious competition. Important advantages are attained by a combination of plastic and paper, a method which has been used in particular in the foodstuffs field. Briefly, one can say that the paper, a cheap basic material, gives the necessary structural rigidity, while the plastic barrier provides good protection against steam, gases and chemicals.

As well as the combination products, however, there is extensive direct competition between plastics and paper in packaging. The situation on the bag and sack market is particularly acute. Table 13 on p. 40 shows Bergstedt's (1965) prognosis for the plastic sack market in Scandinavia in 1970. The figure of 130 million sacks seems, however, extremely conservative today. So far the largest area of application has been artificial fertilizer, where the proportion of plastic sacks in Finland has already risen to 70 % of the total. The development is very largely dependent on the relations between the prices of plastic and paper sacks. Paper sacks are still a little cheaper, but as the plastics price shows a continued downward trend, the margin is reduced every year. The present situation in Finland is shown in Table 14 on p. 41.

Competition between plastics and paper is noticeable in other fields also. In particular the use of »skin packaging» and shrink wrapping film has spread rapidly. Even the sawmill industry, has begun to use shrink wrapping film for packaged boards.

322. Survey of production firms

There are at present 5 extrusion presses at paper and paperboard factories in Finland, and one more is due for installation in the course of 1967. As the presses previously installed are relatively small, the theoretical total capacity is about 100 000 tons of plastic laminate annually. As well as extrusion presses there are a dozen or so coating installations for dispersion compounds.

There are 12 plastic foil producers and most of them further refine the product themselves into sacks and bags. Two of the firms are owned by forest industry concerns. It is scarcely possible to calculate capacity, as production covers widely differing qualities. For example, the thickness largely varies between 0.03—0.5 mm.

33. Development within the construction and carpentering industry

331. The expediency of construction plastics and level of infiltration

Plastics are advancing in the construction and joinery industry along both timber-competitive and timber-co-operative lines. Directly supersessive products include profiles, furniture, furniture parts, and pure plastic sheets. The co-operative line is represented chiefly by various laminated sheet products and to some extent by cellular plastics. One of the great advantages of plastics is that a complete building element can be factory-produced, which means considerable savings. It may be expected that in the near future construction will be the most important plastics consumption area. The most important construction plastics and their areas of application in United Kingdom are shown in Tables 17 and 18 on p. 46.

332. Co-operative and competitive areas of application and products

At present timber-tied plastics for construction are of greatest importance in the sheet field, where plastics and wood fibres are combined in innumerable products. There is also a timber-competitive line where the sheets consist entirely of plastic, or of plastic and some material other than timber fibre. These sheets now have a wide area of application as flooring material. Plastic profiles are coming into use in all areas where wooden strips and frames were previously used. The use of plastic foil in building to give protection against weather during construction has also spread widely.

333. Survey of production firms

Table 19 on p. 51 shows producers of sheets containing plastic in Finland. The sheets are divided into laminated sheets and true plastic sheets. Production of laminated sheets is concentrated entirely within the forest industry. Cellular plastics are dealt with separately (Table 21 on p. 53) since they differ radically from other sheet products, especially as regards weight. Table 20 on p. 52 shows a number of technical data on the most important sheet products.

34. Plastic adhesives

The most important plastic adhesives are phenolic resin glue, urea resin glue and PVAC glue. These products are treated briefly as they form a separate sector and imports can be expected to drop as domestic production grows.

35. Other areas (transport and warehousing crates, boats, etc.)

Timber-tied plastics also occur in a number of areas of secondary importance. This study deals with plastic crates and boats. Production in a number of other fields is difficult to survey, so timber consumption, which shows a strong decreasing trend, has been estimated instead (Table 24, p. 59).

4. DEVELOPMENT OF THE TIMBER-TIED PLASTICS INDUSTRY IN FINLAND, 1960—67

41. Total consumption of timber-tied plastics

411. Packaging

This chapter gives the results of the material gathered. Fig. 2, p. 62 shows the use of timber-tied plastics in the paper and paperboard industry for the period 1960—67. The scant 700 tons of 1960 have grown to 22 000 tons in 1967. This has meant that an earlier unknown relationship between plastic and paper products has developed (Table 27, p. 63). If newsprint is omitted, the weight proportion of plastics infiltration is now (1967) approximately 1 %.

412. Construction and carpentry

Fig. 3 on p. 65 shows timber-tied plastics in construction and joinery. In this field, too, consumption of plastics has risen from 4 000 to 18 000 tons during the 1960s.

The co-operative proportion shows the quickest rate of growth. Table 29 on p. 64 shows the weight proportion of plastics in relation to total sheet production. In 1967 it was 2.3 %.

413. Secondary fields and analysis according to type of raw material

In the secondary areas, annual consumption of timber-tied plastics is about 3 000 tons. The total proportion of timber-tied plastics in imports has risen during the period 1960—67 from 27 to 55 %. Table 33 on p. 67 gives an analysis of consumption of plastics according to raw material type. It is clear that PE is at present the most important group, making up about 55 % of the total quantity.

5. PROGNOSIS

51. Improvement of plastic raw materials and new products

511. Combination with cellulose fibres and molecular advances

The rapid development of recent years makes the question of the future important. Plastic paper (non woven) fabrics form a relatively new area which can be expected to grow explosively since production is much quicker than by the weaving methods. It is certain that polymer chemistry will continue to make great conquests. In the near future we may expect fire-proof plastics, which will further increase the use of sheets in building.

512. Wood plastic composite

Perhaps the most interesting of the new products is wood plastic composite which in Finland, too, is at a very advanced experimental stage. This method, in which the timber is impregnated with plastic monomer which is then polymerized with catalysors or through radiation, gives simple kinds of wood the structure of precious woods and other improved qualities. Birch in particular is a suitable material for this process. It is probable that wood plastic composite will eventually decrease Finnish imports of precious woods. More broadly, this product can influence all European imports of timber from tropical countries. The price question is, of course, decisive, and as yet difficult to survey.

52. Prognoses and developmental tendencies for future world consumption of plastic

World plastics consumption is also increasing rapidly in areas not timber-tied, so it is clear that longer-term prognoses are extremely optimistic. It is expected that between 1980 and 1985 synthetic materials will exceed metals in terms of volume, and this will mean, so to speak, man's entry into the Age of Plastics.

As regards the lines of development of timber-tied plastics the following viewpoints can be maintained:

In packaging, use of various plastic films is expected to increase steadily. Plastic coating of paperboard will, to some extent, meet continued competition from wax materials, but in many fields, such as that of milk, the PE carton will dominate. Agriculture offers enormous potential markets for plastic-coated paper, where the paper is used to raise the soil temperature and reduce water evaporation. There is also plenty of potential for uses in silviculture.

The highest quantitative development is expected in building. In many parts of the world, a rise in the proportion of industrialization in building is an absolute necessity to be able to meet the demand for housing, and here plastic materials offer the best potential. There is no doubt that »sandwich» construction plastic houses will become general in the near future.

Price development is, obviously, a decisive factor in the advance of plastics. As Table 37 on p. 85 shows, there has been a continued downward trend. The position of plastics is also indirectly strengthened by the rising price trend shown by other materials, such as aluminium and glass. A comparison between plastics and cellulose shows that cellulose is cheaper so far, but the proportion of wage costs in plastics production is appreciably lower, and that works to the advantage of plastic.

53. Adaptation of prognosis to Finnish conditions

A study of the immediate future in the most important timber-tied field of plastics still shows no saturation point. A regression analysis has therefore been made on the basis of the material collected for the period 1960—67. A regression analysis can be tied to many factors, but for various reasons, a directly time-tied one seemed to provide the most natural model. The prognosis has been extended to 1975 and the results are considered reliable for at least half this period, i.e. up to 1971. According to these calculations, in that year the consumption of plastic raw materials in paper and paperboard factories in Finland will be 134 000 tons (Fig. 7, p. 92), which is expected to correspond to 900 000 tons of plastic-coated products. In 1971 the proportion of timber-tied plastics in all paper and paperboard production will have risen to 4.1 %. The competitive proportion in foil will have grown to 48 000 tons by 1971. Table 39 on p. 96 and Fig. 9 on p. 95 show the total development during the period 1967—71.

A corresponding analysis for sheets is given in Fig. 10 on p. 100 and the total consumption of timber-tied plastics is given in Table 40 on p. 102. Total plastics imports for 1971 are expected to approach 300 000 tons. This is 2—3 times greater than figures given in earlier prognoses, which apparently do not take sufficient account of the growth of timber-tied plastics.

The relation between competitive and co-operative proportions is expected to develop as follows:

	1967	1971
co-operative plastics	48 %	69 %
competitive plastics	52 »	31 »
	100 »	100 »

Consumption of plastics for combination products is thus expected to grow more rapidly.

54. Structural and quantitative changes in the forest industry, demand for timber and foreign trade

The advance of plastics in the timber field at a speed such as that indicated by the regression analysis will affect the future of the forest industry in many ways. It is clear that the plastic coating capacity of the paper and paperboard industry must be extended rapidly. As Table 41 on p. 103 shows, the U.S.A. had in 1964 more than twice the number of extrusion presses in relation to production than Finland. An increasing pressure of competition of plastic foil for bags and sacks appears inevitable, and should be taken into account in good time by the paper producers.

Production of wood plastic composite is perhaps most conveniently combined with the operations of the sawmill and joinery industry. In the future, wood plastic composite may bring about an increase in the proportion of sawn broadleaved timber.

A significant saving, both direct and indirect, in raw timber can be prognosticated. If, for example, production of paper and paperboard rises to 4 million tons in 1971, then in fact 134 000 tons of this will be plastic, with a resultant saving of cellulose. From the technical point of view, increased plastic coating means a reduced demand for mechanical wood pulp and a resultant increased need for spruce timber for cellulose production. The same timber-saving ideas can be adapted for sheets. An indirect saving of timber will occur in fields with direct competition between plastic and timber, but this is considerably more difficult to survey. All in all, timber-tied plastics will, within 5 years, directly and indirectly, affect the use of about 1 million m^3 of timber annually.

Exports of plastic-coated paper and paperboard (4807—700) have grown during the 1960s from 200 to almost 24 000 tons. The same rapid growth can be observed for surface-treated plywood.

Combiner products show the quickest growth figures, and this means that plastic, despite its competitive aspects, will stimulate consumption of timber products. A future integration between the plastics and forest industries therefore seems expedient.

6. POTENTIAL FOR DOMESTIC MANUFACTURE OF PLASTIC RAW MATERIALS

61. Production in neighbouring countries and European perspective

To make it possible to adopt a final position on the potential for domestic manu facture of polymerization plastics, chiefly PE, PVC and PS, conditions in neighbouring countries have been studied briefly (Table 43, p. 108). Both Sweden and Denmark have domestic PE manufacture. PVC is manufactured in Sweden and Norway and PS in Sweden. The European perspective for PE and PVC capacity in 1967 is given in Table 44, p. 110. There seems to be no immediate danger of heavy over-production in these areas, paticularly in view of the fact that PE consumption growth in Europe has remained at about 32 % annually, and PVC growth around 20 %. The most important countries for Finnish imports of PE and PVC (3902) are West Germany, Sweden, the U.S.A. and United Kingdom, in that order.

62. General aspects of production in Finland

An economically profitable manufacture of polymerization plastics demands a cracking plant based on naphtha. Production potential is also largely tied to a sufficiently large capacity. As the prognosis analysis showed, domestic demand by 1971 at the latest should be quite sufficient for an establishment of average size.

Bearing in mind the heavy foreign competition, good quality is a basic prerequisite if consumers are to be persuaded to switch to domestic goods. It is clear that co-operation with some large foreign company should be seriously considered on the basis of experience gained in other Scandinavian countries. Economically, too, it may prove necessary to have foreign help, since the investment demand for a cracking plant with refining factories is in the region of 200—300 million Finnmarks.

The ethyl alcohol obtainable in cellulose production is also an outstanding theoretical basis for many plastics, but seems less economically enticing since the oil base has entered the picture.

7. SUMMARY AND CONCLUSIONS

We are aware that production of our semi-refined staple goods, sawn timber and cellulose, cannot grow indefinitely. A rise of export incomes will become more and more dependent on new exports or a higher level of refining for old products. Intensive research is in progress all over the world to raise the sales value of wood fibres, and this research is more and more concentrated around polymer chemistry. As we have seen, during this decade a relation previously virtually unknown between plastics and timber has emerged, partly competitive and partly co-operative in nature. The analysis here made shows that we must be prepared for a breakthrough in this field of such an order of magnitude, that it would be plain idiocy to leave Finland dependent on imports in the most important plastics groups. It seems likely that costs for one year's plastics import will, even at the very beginning of the 1970s, exceed construction costs for a single cracking plant.

No serious obstacles to domestic raw material manufacture of PE and PVC have been found. Such an industry already exists in the other Scandinavian countries. The greatest problem is the financing itself. The natural solution here would seem to be co-operation between the forest industry and the petrochemical industry.